



Universidad Nacional Mayor De San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing
para incrementar la productividad del área de
carpintería de una empresa mobiliaria**

TESIS

Para optar el Título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA

Lucia Vanessa CHUMBILE GARCIA

ASESOR

Daniel Humberto MAVILA HINOJOZA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Chumbile, L. (2021). *Propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing para incrementar la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria*. Tesis para optar el título de Ingeniera Industrial. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Información complementaria (metadatos complementarios)

Código ORCID del autor	-
DNI o pasaporte del autor	71299181
Código ORCID del asesor	https://orcid.org/0000-0002-3993-1836
DNI o pasaporte del asesor	06016444
Grupo de investigación	-
Agencia financiadora	-
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Lugar MZ I LT 26 AAHH Areal Alto, San Juan de Lurigancho, LIMA - PERU
	Coordenadas geográficas Latitud: -11.949203 Longitud: -77.088062
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 - 2020
Disciplinas OCDE	Ingeniería industrial http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04
	Textiles http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.06



DECANATO

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

ACTA DE SUSTENTACIÓN NO PRESENCIAL N°005-VDAP-FII-2021

SUSTENTACIÓN DE TESIS NO PRESENCIAL (VIRTUAL) PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunidos de manera virtual a través de video conferencia, el día **lunes 25 de enero de 2021**, a las 11:00 horas, se dará inicio a la sustentación de la tesis:

PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE CARPINTERÍA DE UNA EMPRESA MOBILIARIA

Que presenta la Bachiller:

LUCIA VANESSA CHUMBILE GARCIA

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Industrial en la Modalidad:
Ordinaria.

Luego de la exposición virtual, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las *doce* horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido *aprobada* por *unanimidad* con la calificación promedio de *diecisiete*, lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 25 de enero del 2021

MG. WILLY HUGO CALSINA MIRAMIRA
Presidente

ING. EDGARDO AURELIO MENDOZA ALTEZ
Miembro

MG. OSCAR ABRAHAM MORALES DA COSTA
Miembro

MG. DANIEL HUMBERTO MAVILA HINOJOZA
Asesor



Firmado digitalmente por RAEZ
GUEVARA Luis Rolando FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.01.2021 11:36:06 -05:00

MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
Vicedecano Académico - FII

Agradecimiento

A mis padres y hermanos(as) que me ayudaron a afrontar las diversas adversidades de la vida y quienes día a día son mi motivación. Asimismo, a mis profesores quienes me guiaron a cumplir uno de mis principales objetivos. Muchas gracias por su generosidad.

RESUMEN

La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing para incrementar la productividad del área de carpintería de una empresa del sector mobiliario CIIU 3610 se desarrolla con la intención de resolver el problema principal: ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria?, por ello se tiene como objetivo general determinar en qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad de una empresa mobiliaria, teniendo como hipótesis que la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad de esta.

La investigación es de tipo aplicada, y utiliza un diseño de investigación no experimental, la unidad de análisis es el producto fabricado en el área de carpintería de una empresa mobiliaria ejecutados en el periodo noviembre del 2019 a enero del 2020 inclusive.

En efecto, los resultados se muestran favorables. El indicador de PMO aumentó en un 52.4 %, es decir, los costos de mano de obra respecto a los ingresos disminuyeron en un 35.8 %, lo que indica la utilización eficiente de recursos, además el lead time de producción disminuyó significativamente, a menos de un día, generando así una mayor flexibilidad del área. Esta disminución indica la mejora de la disponibilidad de los procesos y el mejor aprovechamiento del tiempo productivo. Por lo que se concluye que la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

TABLA DE CONTENIDO

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.	Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2.	Definición del problema.....	2
1.2.1.	Problema General.	2
1.2.2.	Problemas Específicos.....	2
1.3.	Justificación de la investigación.....	2
1.4.	Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1.	Objetivo General.	3
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	3
II.	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Antecedentes del Problema	4
2.1.1.	Antecedentes nacionales.	4
2.1.2.	Antecedentes internacionales	6
2.2.	Bases Teóricas.....	8
2.2.1.	Lean Manufacturing.	8
2.2.2.	Productividad.	30
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	33

3.1	Hipótesis general	33
3.2	Hipótesis específicas.....	33
3.3	Identificación de variables	33
3.4	Operacionalización de variables.....	34
IV.	METODOLOGÍA.....	35
4.1.	Tipo de Investigación	35
4.2.	Diseño de Investigación.....	35
4.3.	Unidad de análisis.....	35
4.4.	Población de estudio.....	35
4.5.	Técnicas de recolección de Datos	35
V.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
5.1.	Descripción de la empresa	36
5.2.	Principales áreas de la empresa	36
5.3.	Diagnóstico inicial	40
5.3.1.	Desarrollo del VSM del área de carpintería.	40
5.3.2.	Identificación de principales problemas.	45
5.4.	Desarrollo de la propuesta.....	49
5.5.	Presentación de la propuesta.....	68
5.6.	Desarrollo del VSM futuro	69

5.7. Presentación de resultados	74
5.8. Contrastación de hipótesis.....	77
5.8.1. Hipótesis general de la investigación	77
5.8.2. Hipótesis Específica 1.....	78
5.8.3. Hipótesis Específica 2.....	78
5.9. Discusión de los resultados	79
VI. CONCLUSIONES.....	80
VII. RECOMENDACIONES	81
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de actividades en los procesos productivos	10
Tabla 2 Posibles causas y acciones Lean de los 7 desperdicios	12
Tabla 3 Operacionalización de Variables	34
Tabla 4 Identificación de desperdicios en área de carpintería.....	47
Tabla 5 PMO e índice de PMO promedio del área de carpintería.....	48
Tabla 6 Indicadores de productividad	49
Tabla 7 Actividades que afectan la disponibilidad del proceso de canteado.....	50
Tabla 8 Proceso de cambio de canto	51
Tabla 9 Identificación de operaciones del proceso de cambio de canto.....	52
Tabla 10 Identificación de operaciones del proceso de cambio de canto.....	53
Tabla 11 Reducción de operaciones internas del proceso de cambio de canto	54
Tabla 12 Actividades del proceso de corte.....	57
Tabla 13 Listado de piezas para el área de canteado	59
Tabla 14 Tiempos por lote de cajonera	61
Tabla 15 Actividades del proceso de armado de cajonera.....	62
Tabla 16 Actividades agrupadas del proceso de armado.....	62
Tabla 17 Leyenda de matriz de polivalencia o versatilidad	66
Tabla 18 Disponibilidad de procesos.....	71
Tabla 19 Aumento de disponibilidad de los procesos del área de carpintería.....	74
Tabla 20 Cálculo del inventario promedio en proceso	74
Tabla 21 Cálculo del valor de Mano de obra.....	76
Tabla 22 Cálculo del Valor de Venta	76

Tabla 23 Indicadores de productividad inicial Vs la esperada	77
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movimientos del operario en un proceso manual.	10
Figura 2. Los 7 desperdicios de la producción.	11
Figura 3. Las 5S.....	16
Figura 4. Value Stream Mapping	24
Figura 5. Fases de Implantación Lean Manufacturing	27
Figura 6. Principales áreas de la empresa en estudio	36
Figura 7. Área de corte de empresa en estudio.....	37
Figura 8. Área de canteado de empresa en estudio.....	38
Figura 9. Área de perforado de empresa en estudio.	38
Figura 10. Área de armado	39
Figura 11. Área de limpieza y embalaje	39
Figura 12. Ventas de productos en el 2019	40
Figura 13. Ventas del 2019 y promedio mensual por producto (S/).	41
Figura 14. Porcentaje de participación en las Ventas de productos representativo.....	41
Figura 15. Demanda de cajonera por modelo.....	42
Figura 16. Value Stream Mapping inicial del área de carpintería.	44
Figura 17. Valorización en soles de incidencias del área de carpintería.	46
Figura 18. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto I	52
Figura 19. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto II.....	53
Figura 20. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto III	54

Figura 21. Modelado del mueble para el depósito de canto.	56
Figura 22. Coche Vertical del área de corte	58
Figura 23. Orden de piezas según tipo de canto	60
Figura 24. Diagrama de red del proceso de armado.	63
Figura 25. Distribución de actividades de armado de cajonera.....	64
Figura 26. Gantt de armado de cajonera.....	64
Figura 27. Distribución de piezas de CNC a armado.	65
Figura 28. Matriz de polivalencia actual	66
Figura 29. Matriz de polivalencia objetivo.....	67
Figura 30. Tiempo de procesos por cajonera.....	71
Figura 31. VSM futuro del área de carpintería.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tabla de Capacidad de Proceso	86
Anexo 2 Hoja de Combinación de Trabajo Estándar	87
Anexo 3 Hoja de Trabajo Estandarizado	88
Anexo 4 Hoja de Instrucción de Trabajo Estandarizado	89
Anexo 5 Data días de inventario por Orden de Trabajo	90
Anexo 6 Planos de corte de cajonera.....	91
Anexo 7 Distribución de piezas según tipo de canto.....	92
Anexo 8 Vistas de cajonera estándar	93
Anexo 9 Matriz de consistencia	94

INTRODUCCIÓN

En el Perú existen pocas empresas mobiliarias que tengan la capacidad de competir en su sector a nivel internacional, inclusive a nivel nacional. Las empresas suelen trabajar con los mismos métodos de años atrás, preocupándose mucho en el cumplimiento de una meta de producción, pero descuidando la mejora continua en todos sus procesos.

La aplicación de la filosofía Lean Manufacturing de manera estructurada y correcta puede llevar a empresas mobiliarias a grandes mejoras en sus procesos, desarrollando una cultura Lean que permitirá convertirlas en dignos competidores en el mercado internacional.

Con el fin de entender esta problemática y aportar algo que pueda ayudar a la mejora de la competitividad de la empresa se desarrolla el presente trabajo de tesis. Para tal fin, la estructura de la presente investigación se ha dividido en ocho partes principales.

En el primer capítulo se hace un planteamiento y formulación del problema, así como la descripción de los objetivos y la justificación de la investigación

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico que referencia los conceptos más importantes que ayudarán a comprender este problema y una revisión de las investigaciones vinculadas al tema y de la diversa literatura nacional y extranjera, relacionadas con las variables en estudio.

Asimismo, en el capítulo III y IV se da la descripción de las hipótesis y metodología usada, respectivamente.

El quinto capítulo está referido al desarrollo de la propuesta, el cual contiene el diagnóstico inicial de la empresa a través de VSM y la utilización de las herramientas Lean para la eliminación de los desperdicios. Se presentan y describen, en tablas y figuras, los datos que se encontraron

producto de los análisis correspondientes. Además, se discuten los resultados, se analizan y se comentan haciendo una comparación de indicadores iniciales y los esperados tras la aplicación de la propuesta.

Finalmente, en los capítulos VI y VII se señalan las conclusiones y se aportan algunas sugerencias para futuras investigaciones y acciones que se podrían poner en práctica para complementar la implementación de la propuesta.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema

Corzo, Soria, y Orellana (2011) describen al sector peruano de muebles como uno conformado mayoritariamente por una industria familiar, caracterizada por poco avance tecnológico en diseño y acabado de productos, además de baja difusión de técnicas modernas de gestión y alta heterogeneidad en los productos fabricados.

La Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura (2018) en su estudio “La industria de la madera en el Perú ” menciona que, dentro de la industria de la carpintería y mueble, los empresarios no cuentan con un plan de negocio y solo viven el “día a día”. Además, se resalta que existen problemas de calidad, no tienen diseño, estructura de costos, ni propuesta de marketing.

Por otro lado, como resultado de las mayores ventas ante el incremento en la demanda del sector construcción en el año 2019. Se percibió un incremento de 9.4%, respecto al año anterior, en la línea de muebles. (Ministerio de la Producción, 2019)

La empresa en estudio se caracteriza por brindar mobiliario personalizado, muebles a medida. En el cual el cliente puede elegir los colores y tamaños que tendrá su producto. La empresa en el último año ha incrementado sus ventas en un 30%, muchos de sus clientes son empresas implementadoras de oficinas que se han fidelizado con ella, principalmente por la personalización de sus productos.

Debido a que los productos son personalizados, no es posible mantener un stock que permita atender a los clientes en corto tiempo. Y esto se debe a que los procesos de producción tienen tiempos relativamente largos, y no permite flexibilidad en la orden de producción.

Principalmente, en las primeras líneas, que marcan el ritmo de producción, existe mucha espera entre procesos.

Además, se ha reportado muchas incidencias de reprocesos en el área de carpintería que no solo aplaza los días de producción, sino que genera gastos innecesarios que se añaden a los costos de fabricación, generando un margen menor de ganancia. La principal causa es daño de material en proceso.

Por otro lado, uno de los objetivos de la empresa es expandirse internacionalmente y para ello es necesario obtener un modelo que funcione de manera óptima y eficiente, para poder replicarlo en otros países.

En este margen, la empresa se ve en la necesidad de optar por herramientas Lean que se implementen de manera estructurada y de acuerdo a las prioridades, para generar grandes mejoras en sus procesos y de esta manera poder atender la creciente demanda en un tiempo óptimo.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema General.

¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria?

1.2.2. Problemas Específicos.

PE1. ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria?

PE2. ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta de manera significativa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria?

1.3. Justificación de la investigación

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de mejorar el nivel de competitividad de una empresa mobiliaria. Esta cuenta con dos áreas diferenciadas de carpintería y metalmecánica. Siendo la primera la que define los tiempos de entrega de los productos. El uso de las herramientas Lean Manufacturing en el área de carpintería busca una alternativa de solución al problema de los retrasos y adelanto de las órdenes de trabajo, de esta manera tener una planta flexible que se pueda adecuar a la demanda.

Si bien es cierto, existe mucha información de los conceptos de las herramientas Lean Manufacturing, pero estos son pasos muy generales a seguir. Esta investigación es importante porque servirá como guía para la aplicación de mejoras en empresas del sector mobiliario que tengan similitud en sus procesos. La investigación parte de un estudio de tiempos de procesos iniciales, la utilización de las herramientas Lean según la prioridad de la solución de problemas y finalmente análisis de los resultados obtenidos.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General.

Determinar en qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

1.4.2. Objetivos Específicos.

OE1. Determinar en qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

OE2. Determinar en qué medida la propuesta de mejora de procesos mediante Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes nacionales.

A nivel nacional encontramos que Cruz et al., (2018) desarrollan su tesis de postgrado, bajo un enfoque cualitativo, con el objetivo de identificar las buenas prácticas en la gestión de la manufactura con la utilización de Lean en empresas del sector de consumo masivo de alimentos del Perú, identificando a la vez el grado de madurez en cada dimensión. Las dimensiones que plantearon para identificar las buenas prácticas son (a) calidad, (b) entrega, (c) procesos, (d) recursos humanos, (e) costo, (f) inventario y (g) seguridad. Asimismo, el grado de madurez de cada dimensión fue evaluado en una escala de 1 al 5, siendo el 1 un grado bajo sin un sistema y el grado 5 muestra un nivel alto de mejora continua.

El estudio se llevó a cabo en 5 empresas representativas del sector, obteniendo los siguientes resultados:

- En la dimensión de calidad el 60% de las empresas obtuvieron un puntaje de 5, siendo la práctica más importante la homologación de proveedores.
- En la dimensión de entrega el 40% mostraron puntajes iguales a 4, siendo como buena práctica en común la utilización del sistema SAP.
- El 20% de las empresas alcanzaron un puntaje de 4 en la dimensión de procesos, caracterizadas por las prácticas de aprovechar oportunidades de mejora.
- El 60% de las empresas mostraron puntajes de 4 y 5 en la dimensión de recursos humanos, gracias a la formación de equipos bajo el sistema kaizen.
- En la dimensión de costos, el 60% mostró puntajes de 4 y 5.

- El 40% mostró puntaje igual a 4 en la dimensión de inventario, gracias a la revisión periódica de inventarios.
- En la dimensión de seguridad, el 40 % alcanzó un puntaje de 4, debido al involucramiento de todo el personal en la evaluación de la seguridad, salud y medioambiente.

El estudio aporta ya que muestra que las empresas buscan ser más competitivas mediante la implementación de las herramientas Lean y la instauración de sus principios en su cultura organizacional. Además, es un compilado de las buenas prácticas de empresas exitosas del sector, que pueden ser utilizadas en otros.

Por otro lado, Salinas (2018) en su tesis de pregrado, investigación aplicada con diseño pre experimental, plantea una propuesta a través de la utilización de Estudio de Tiempos, Balance de Línea, Herramientas básicas de Manufactura Esbelta (Jidoka – Poka Yoke y Kanban) y Gestión Ambiental para el aumento de la rentabilidad de la Planta El Ferrol S.A.C.

Según los indicadores propuestos por el autor, las pérdidas económicas en total se reducirían en un 67.17%, con un periodo de recuperación de la inversión 1 año y 7 meses y con un incremento en la rentabilidad de 18%.

Hay que destacar que en el estudio se muestra la utilización de las herramientas de Lean Manufacturing en la empresa mencionada, que parte del análisis de las causas raíces de los problemas hasta el desarrollo de las alternativas de mejora en los procesos.

En cuanto a la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta y su efecto en la productividad encontramos un estudio de tipo aplicativo y explicativo de Bermejo (2019), tesis de pregrado con enfoque cuantitativo y diseño experimental, en la cual concluye que la combinación de la implementación de dichas herramientas permitió mejorar los índices de

calidad, tiempo de abastecimiento en todos los procesos de la empresa asegurando una mejora total del proceso de fabricación de calzado para damas. Visto que:

- La implementación de la herramienta Jidoka logró disminuir en 57% los productos defectuosos.
- La implementación de la herramienta Kanban, el VSM y el Layout disminuyó un 10.00% del tiempo de abastecimiento de producción.
- La implementación de la herramienta SMED permitió reducir un 47.22% del tiempo de preparación para el cambio de lote de producción.
- Las herramientas en su conjunto permitieron el aumento de la productividad en un 20%.

2.1.2. Antecedentes internacionales

A nivel internacional, en un artículo publicado en la revista RAUSP, se realizó un Análisis de la relación entre la Manufactura esbelta y el desempeño operacional de las empresas del sector automovilístico en Brasil. Siendo este realizado en 75 empresas del sector mencionado, cuya data fue analizada por medio de ecuaciones multivariantes de segundo grado. En relación con los resultados, Lean Manufacturing se relaciona positivamente con el desempeño operacional del sector, todas las prácticas de Lean fueron verificadas, destacando la variable de mejora continua, adopción de Kanban y Just in Time. Además, se encontró algunas correlaciones, entre prácticas Lean y el desempeño operacional, que no fueron estadísticamente consideradas válidas como innovación en los productos y calidad. (Lopes de Sousa et al., 2013)

En la tesis de postgrado cuyo autor es da Silva, (2017) menciona que para obtener éxito en las organizaciones ellas necesitan adoptar prácticas innovadoras, incorporando nuevos conceptos que establezcan mejoras en los procesos internos. Por eso eligió utilizar la metodología Lean en la empresa en estudio.

Recogiendo lo más importante, la principal conclusión fue que el abordaje de Lean Manufacturing posibilitó un aumento en el valor agregado de las operaciones a través de un mejor flujo de materiales con cambios de layouts estratégicos y de la eliminación de desperdicios, ocasionando un aumento del 50% de la capacidad de la línea con mejores resultados operacionales.

Así mismo, en la tesis de maestría desarrollada en México por Del Bosque (2014) fue llevado a cabo en una mediana empresa manufacturera, con el objetivo de evaluar el impacto que puede tener la utilización de equipos operativos mediante Lean. El autor planteó un modelo explicando los factores que deben tener los equipos para desarrollar la implementación. En la cual se observó que a los pocos meses del inicio de la implementación de Lean Manufacturing, se presentan buenos cambios en indicadores de rentabilidad, calidad, tiempos de respuesta y permanencia a través del tiempo. Por otro lado, el 84 % de los desperdicios son los movimientos eliminados anualmente.

Además, en un artículo publicado por Figueredo (2015) en la revista Ingeniería Industrial, Actualidad y nuevas tendencias; muestra los resultados obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing en un área piloto de una empresa de producción de concreto premezclado en Venezuela, los cuales fueron una mejora de 4% en el OEE después de solo 3 meses. La implementación se basó en el desarrollo de un mapa de cadena de valor, estableciéndose las variables para las comparaciones de resultados. Además, se propusieron mejoras obteniendo 5 soluciones a cada problema. Luego se llevó a cabo la implementación en un área piloto. La investigación se define dentro del paradigma cuantitativo, de nivel descriptivo, diseño de campo y modalidad proyecto factible.

En resumen, después de la revisión de los antecedentes, la metodología Lean ha sido aplicada en diversos sectores dejando resultados positivos en la mejora de la productividad, calidad, costos y seguridad del personal.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Lean Manufacturing.

Para entender mejor el concepto de Lean Manufacturing se mencionan definiciones de varios autores:

Según Hernández y Vizán (2013):

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. (p.10).

Madariaga lo define como un “modelo de organización y gestión del sistema de fabricación que persigue mejorar la calidad” (2019, p.25) el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro.

De acuerdo con Cuatrecasas “es un modelo de diseño e implantación de procesos, basado” (2017, capítulo 5) en desarrollar solo lo que el cliente quiere exactamente, teniendo en cuenta cantidad, tiempo y precio.

Conforme a Geraldo y Gonzaga (2016), el término se le denominó a un nuevo sistema de producción basado en una forma de producir eliminando desperdicios.

En tal sentido, podemos definir a Lean Manufacturing como una filosofía de mejora continua que se basa en la eliminación de desperdicios por medio de la participación de las personas, logrando buenos resultados de rentabilidad, productividad y competitividad.

Por otro lado, según Womack et al, (1992), Lean Manufacturing se basa en los siguientes principios:

- a) Identificar valor: ¿Qué es lo que mi cliente valoriza?
- b) Identificar la cadena de valor: ¿Por dónde pasa el valor?
- c) Introducir flujo en la cadena: El valor debe llegar rápido al cliente.
- d) Jalar producción: Producir solamente lo necesario y la cantidad requerida.
- e) Buscar la perfección: Mejora continua (Kaizen).

Otros autores como Hernández y Vizán (2013) resaltan el factor humano y añaden principios como:

- f) Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- g) Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- h) Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

2.2.1.1 Conceptos generales del Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing propone un cambio en el análisis de los procesos, para que además de centrar los indicadores de productividad en las actividades que se realizan en un proceso, también se cuestione si estas son llevadas a cabo de forma correcta, es decir, si agregan valor o no al proceso productivo. (Hernández et al., 2013).

2.2.1.1.1 Conceptos de valor añadido y desperdicios.

A continuación, se definen los conceptos utilizados en la metodología Lean, como son el de valor añadido y desperdicios.

Según Cuatrecasas (2017) se puede distinguir tres tipos de actividades (tabla 1) en los procesos:

(a) actividades con valor añadido, (b) actividades sin valor añadido y (c) desperdicios.

Tabla 1

Tipos de actividades en los procesos productivos

Actividad	Concepto
Actividades con valor añadido	Son por las que el cliente está dispuesto a pagar.
Actividades sin valor añadido	Son las actividades que no agregan valor al producto, pero son necesarias para la fabricación del mismo.
Desperdicios	Son las actividades que no agregan valor, desde el punto de vista del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se muestra algunos ejemplos que pertenecen a cada tipo de actividad. En tal sentido, se entiende que el autor reconoce a las actividades sin valor agregado y que son innecesarias como desperdicios.

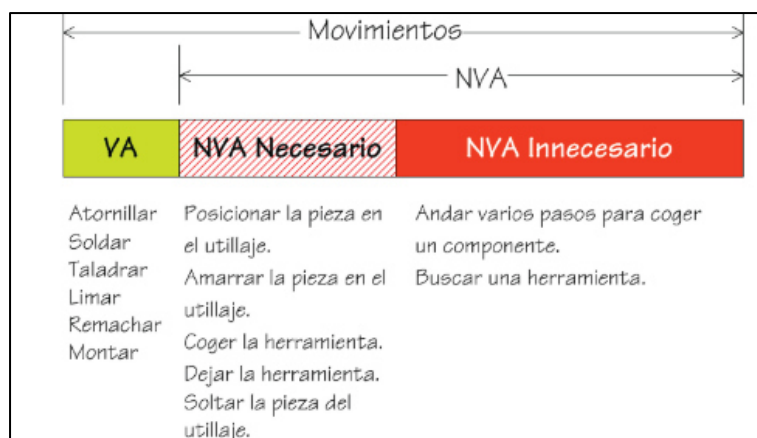


Figura 1. Movimientos del operario en un proceso manual.

Fuente: Madariaga, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva* (p.29):Bubok Publishing.

Rajadell y Sánchez (2010), indican que Lean Manufacturing tiene como principio fundamental que el producto o servicio ofrecido tengan las características que el cliente desee. Es decir, el cliente no valora los desperdicios. Por ello, es necesaria la eliminación de estos. Según el autor el 99% de las actividades del proceso productivo son desperdicios. Siendo esto una gran oportunidad de mejora.

Estudios basados en la filosofía Lean han reconocido 7 desperdicios o despilfarros (Cuatrecasas, 2017; Rajadell y Sánchez, 2010; Hernández et al., 2013), visto que Lean se centra principalmente en la eliminación de estos (figura 2).



Figura 2. Los 7 desperdicios de la producción.

Fuente: ¿Conoces los 7 tipos de derroche que existen en la producción?. Perfiles y Transportadores Solutions. Consultado el 17 de marzo de 2020. Recuperado de <https://perfilesbosch.com.mx/7-tipos-de-derroche/#>

Madariaga (2019) aclara que existe un desperdicio más importante y extendido que hay que extinguir.

a) Desperdicio del Talento Humano

Este ocurre cuando a los empleados no se le da la oportunidad de utilizar sus capacidades y experiencias para la resolución de problemas y el mejoramiento de los procesos.

Un factor muy importante que asegura el éxito de la implantación Lean son los equipos de trabajo y sus correspondientes líderes. Últimamente muchos directivos no paran de hablar acerca de que el activo más importante de una empresa, se trata del factor humano. (Centro Europeo de Postgrado (CEUPE), 2020)

Lean plantea acciones para cada tipo de desperdicio (tabla 2). Se muestra las causas posibles que los generan y las acciones Lean.

Tabla 2
Posibles causas y acciones Lean de los 7 desperdicios

Desperdicio	Posibles Causas	Acciones Lean
Sobreproducción	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de preparación y carga elevados. • Falta de comunicación. • Mal pronóstico de demanda. • Programación inestable 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción). • Implementación de Sistema pull. • Operaciones simples de cambio de utillajes y herramientas (SMED). • Nivelación de la producción. • Programa de estandarización de operaciones.
Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de trabajo no estandarizado. • Reducida aplicación de la automatización. • Layout ineficiente. • Desequilibrio de capacidad. • Falta de maquinaria adecuada. • Producción en grandes lotes. • Tiempos elevado de cambio de preparación de máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelación de la producción. • Fabricación en células de trabajo en U. • Automatización con toque humano. • SMED. • Polivalencia de operarios. • Evaluación de proveedores.

Desperdicio	Posibles Causas	Acciones Lean
Reproceso	<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos innecesarios. • Proveedores no capaces. • Errores de operarios. • Operarios no capacitados. • Proceso productivo mal diseñado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jidoka • Poka-Yoke • Implementación del sistema de mantenimiento preventivo. • Revisión de calidad en todo el proceso. • Flujo continuo • Establecimiento de control visual.
	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de ingeniería sin cambios de proceso. • Políticas y procedimientos no efectivos. • Requerimiento no claro del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y revisión detallada de las operaciones y procesos. • Plena implementación de estandarización de procesos.
Transporte y Movimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Layout obsoleto • Programas de producción variados. • Reprocesos frecuentes • Mala localización de herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de Layout. • Trabajadores polivalentes. • Aplicación 5s. • Mejorar el flujo del procesos.
Inventario	<ul style="list-style-type: none"> • Poca capacidad de los procesos. • Cuellos de botella no identificado • Mal pronóstico de demanda. • Sobreproducción. • Reprocesos por calidad del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación JIT. • Nivelación de la producción. • Monitorización de tareas intermedias • Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

Nota: Adaptado de Hernández M, J. C., y Vizán A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos , técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

2.2.1.1.2 Métricas Lean.

Dentro de los conceptos de Lean se tiene algunas métricas importantes, que están relacionadas principalmente con tiempos. Estas pueden ser aplicables en procesos productivos y administrativos.

Las principales métricas son las siguientes:

- a) Lead time (L/T): Tiempo que una pieza se mueve a lo largo de todo un proceso o flujo de valor, desde inicio a fin. (Hernández et al., 2013)
- b) Tiempo de ciclo (T/C): Tiempo de procesamiento de una pieza, antes de pasar al proceso siguiente. (Cuatrecasas, 2017)
- c) Tiempo de valor agregado: Tiempo en el que específicamente los elementos se transforman de modo que el cliente esté dispuesto a pagar. Es decir, no incluye desperdicios. (Hernández et al., 2013)
- d) Tiempo takt o takt time: “El takt time de un producto expresa el ritmo de la demanda del cliente; relaciona la demanda del cliente con el tiempo productivo planificado y se mide en unidades de tiempo (s, min, h)” (Madariaga, 2019, p. 80).
- e) Tiempo de setup: Tiempo necesario para prender un dispositivo, máquina o proceso para que cambie de un producto A para un producto B (Rajadell y Sánchez, 2010, p.124).

2.2.1.1.3 Mejora continua.

“La mejora continua es una filosofía que trasciende a todos los aspectos de la vida, no solo al plano empresarial, ya que en general, el ser humano tiene la necesidad de evolucionar hacia el autoperfeccionamiento.” (Rajadell y Sánchez, 2010, p.12)

Dentro de la filosofía Lean Manufacturing, la mejora continua asume un rol muy importante. Ya que esta se basa en la eliminación persistente del desperdicio. Además, se resalta el trabajo en equipo bajo el espíritu Kaizen. Palabra japonesa que significa “cambio para mejorar”. (Hernández et al. , 2013)

Es decir, la mejora continua conjuntamente con el espíritu kaizen dan lugar a una cultura de cambio para desarrollar mejores prácticas, y según Hernández et al.(2013), los proyectos de mejora continua han tenido resultados favorables con crecimientos sostenibles superiores al 10% anual.

En definitiva, la mejora continua es un pilar infaltable para el éxito de la aplicación de Lean. A ella se agrega diferentes técnicas e instrumentos que se explicarán a continuación.

2.2.1.2 Técnicas Lean.

Las técnicas Lean según su grado de aplicación y exigencia de compromiso, pueden ser clasificadas en tres grupos. (Hernández et al. , 2013)

- ✓ Aquellas cuyas características las hacen aplicables a cualquier tipo de empresa, tienen enfoque práctico y son las más elegidas: 5S, SMED, Estandarización, TPM y control visual.
- ✓ Aquellas aplicables a cualquier situación, pero exigen mayor compromiso y cambio cultural de directivos, mandos intermedios y operarios: Jidoka, técnicas de calidad, sistemas de participación del personal.
- ✓ Aquellas técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar la producción: Heijunka, Kanban.

A continuación se explica a detalle las técnicas más importantes para el desarrollo de la propuesta planteada:

a) Las 5S: A través de organización, orden y limpieza, la metodología 5S mejora las condiciones de trabajo en la empresa. La implementación de esta consta de 5 pasos cuyo desarrollo implica asignar recursos, adaptación a la cultura de la empresa y participación de personas (Hernández et al. , 2013).

“El acrónimo 5S corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S” [cada uno asociado a un principio. fig.3] ”
(Hernández et al. , 2013)

- | | | |
|-------------|---|-----------------|
| 1. Seiri | ➡ | Clasificación |
| 2. Seiton | ➡ | Orden |
| 3. Seiso | ➡ | Limpieza |
| 4. Seiketsu | ➡ | Estandarización |
| 5. Shitsuke | ➡ | Disciplina |

Figura 3. Las 5S

Fuente: Adaptado de Hernández et al. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos , técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

A continuación, se define la siguiente técnica Lean que es el complemento de las 5S, para la eliminación de desperdicios.

b) SMED: “Es un poderoso concepto Lean traducido como “Cambio de matriz en un solo dígito de minuto” (Single Minute Exchange of Dies). Es un sistema enfocado en reducir dramáticamente el tiempo que toma el ejecutar un Cambio o ajuste.” (Gemba Academy, 2020).

Es importante definir los tipos de operaciones que se encuentran dentro del tiempo de preparación, según Madariaga (2019) son:

- ✓ Operaciones internas: Son aquellas que deben realizarse con la máquina parada.
- ✓ Operaciones externas: Son aquellas que pueden realizarse sin afectar el tiempo disponible de producción. Cabe resaltar que están pueden ser antes o después del cambio.

Luego, se resume en 6 pasos la aplicación de esta técnica.

- 1) Descomponer el cambio en operaciones: Se debe formar un equipo de trabajo multidisciplinario. Además, se debe firmar y registrar las operaciones del cambio de un producto A a un producto B. Finalmente, descomponer el cambio en operaciones.

2) Separar las operaciones en externas e internas: Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se debe separar las operaciones externas y organizarlas para que se realicen en paralelo con la máquina en marcha.

3) Convertir operaciones internas en externas: Se debe investigar la forma de convertir las operaciones internas en externas, a continuación algunos ejemplos que da Madariaga (2019) son:

- ✓ Pre-calentar moldes de inyección.
- ✓ Pre-montar y pre-reglar herramientas de mecanizado.

4) Reducir las operaciones internas: Para ello se debe tener en cuenta los ajustes, los elementos de fijación, los desplazamientos del operario y el trabajo en paralelo

5) Reducir las operaciones externas: Para ello se debe tener en cuenta búsquedas, desplazamientos y esperas.

6) Estandarizar el cambio: Se debe documentar y filmar el nuevo método de cambio y capacitar a los operarios (Madariaga, 2019).

A continuación se explica la herramienta de trabajo estandarizado.

c) Trabajo estandarizado: “Estandarizar un proceso consiste en establecer estándares y trabajar de acuerdo a los mismos” (Madariaga, p.59, 2019).

Según Gemba Academy (2020), este proceso consta de 3 pasos:

- 1) Determinar o identificar un estándar.
- 2) Asegurar que todos en la organización comprendan el estándar y que se comprometan a cumplirlo.
- 3) Verificar el estándar es razonable, justo y controlable, mientras se encuentre nuevas formas de mejorar.

Cabe resaltar que los prerrequisitos para empezar con el procesos de estandarización es contar con un proceso estable, es decir, no contar con problemas de mano de obra, máquina o material.

A continuación se define los elementos necesarios para diseñar el trabajo estandarizado:

Takt time: Es el ritmo al cual se debe trabajar para poder satisfacer las necesidades del cliente. (Gemba Academy,2020).

$$takt\ time = \frac{Tiempo\ neto\ disponible}{\# \text{ artículos requeridos}}$$

Secuencia de trabajo: “Es una descripción del trabajo realizado en una secuencia enumerada de las tareas manuales. Algunos se refieren a la Secuencia de trabajo como los pasos de baile de un proceso.” (Gemba Academy,2020).

Trabajo estándar en proceso (SWIP, por sus siglas en inglés): Se refiere a la cantidad de trabajo en proceso fluyendo por la línea de trabajo, cabe resaltar que los productos terminados y la materia prime no se consideran parte del trabajo estándar del proceso. La fórmula para calcular el trabajo estándar en proceso es la suma de los tiempos de producción(ciclo manual y automático), dividido entre el takt time (Gemba Academy,2020).

Por otro lado, Lean provee de diferentes hojas y tablas que ayudan desarrollar el trabajo estandarizado:

Tabla de capacidad de proceso: Esta herramienta (Anexo1), se utiliza para determinar la capacidad de producción para un proceso o parte de este. La tabla incluye tiempo de ciclo manual y automático; y cambio de modelo(tiempos de setup). El resultado ayuda a crear la Hoja de Combinación de Trabajo estandarizado, que se verá a continuación (Gemba Academy,2020).

Hoja de combinación de trabajo estandarizado: Con el uso de esta herramienta se muestra la combinación de trabajo manual y automático realizado por una persona. Además, muestra de forma gráfica los tiempos de recorrido, espera y takt time (Anexo 2).

Permite documentar la mejor combinación de fuerza laboral, material y máquina. Se necesita una hoja de combinación de trabajo estandarizado por operario (Gemba Academy, 2020).

Hoja de trabajo estandarizado: “Con la Hoja de Trabajo Estandarizado podemos documentar la mejor combinación de fuerza laboral, material y máquinas. Además, podemos mostrar el Trabajo Secuencial de todos los operadores en una célula o área de trabajo” (Gemba Academy, 2020).

Se debe dibujar cajas de proceso, símbolos de operadores y líneas libres mostrando como el operador se desplaza por cada proceso (Anexo 3). Es importante realizar una revisión final para verificar que la hoja de trabajo está completa y no se haya escapado alguna actividad. Como se sabe Lean tiene un principio llamado Gemba, que significa ir a lugar donde ocurren los hechos, para identificar los problemas por uno mismo.

Hoja de instrucción de trabajo estandarizado:

Tal como lo muestra la figura 8, la esta hoja es alimentada por la tabla y hojas revisadas anteriormente. El resultado se puede ver en el anexo 4.

El principal uso que se debe dar a esta hoja es para entrenar a los trabajadores en cómo realizar su labor. Y así como el resto de las hojas, está tiene que ser actualizada cada vez que se encuentre una mejora. (Gemba Academy, 2020).

La labor de observación, medición, análisis y documentación requerida para la realización de la hoja de trabajo estándar tiene como resultado la eliminación del despilfarro (movimientos innecesarios y esperas del operario) y la reducción de la variación en el tiempo de ciclo. (Madariega, p.72, 2019)

En resumen se debe realizar medición de tiempos identificando cada operación, según sea operación trabajada en paralelo o máquina parada, identificar recorridos, layout, cantidad de operarios, calcular el tack time para poder utilizar las hojas de trabajos y documentar el trabajo estandarizado. Es importante resaltar que debe realizarse continuo mejoramiento a los procesos y actualizar la data en la medida que surgan mejores ideas, en participación con los operarios y líderes de grupos de trabajo.

d) Heijunka: “Es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo” (Hernández et al.,2013).

Para la aplicación de Heijunka existe un conjunto de técnicas que permiten lograr un flujo constante, ritmo determinado y trabajo estandarizado. A continuación se explica cada una de ellas.

- Células de trabajo

“Una célula ordena varios equipos (y personal) en secuencia de proceso e incluye todas las operaciones necesarias para lograr completar un producto o una parte importante de esas operaciones” (Rajadell et al., 2010).

Según Hernández et al.(2013) es necesario cumplir requerimientos antes de empezar a diseñar una celda de trabajo. Estos son :

- ✓ Identificar la familia de productos.
- ✓ Contar con personal capacitado y flexible.
- ✓ Diseñar sistemas antierror en cada estación de la célula.
- ✓ Disponer de empleados con ganas de aportar al cambio.

Radajel et al. (2010) propone los siguientes pasos para la distribución de una célula de trabajo.

- ✓ Ordenar los procesos de forma secuencial
- ✓ El sentido de los procesos debe ser contrario al movimiento de las manijas del reloj.

- ✓ Posicionar las máquinas lo más cerca las unas a las otras, teniendo en cuenta la seguridad y distancias mínimas recomendadas por el proveedor.
- ✓ Colocar la última operación cercana a la primera.
- Flujo continuo

Hernández et al.(2013) lo define como una forma de trabajar, de tal modo que el producto fluya desde el proveedor hacia al cliente, “con el menor plazo de producción posible y con una producción de desperdicio mínima”

Para que el flujo continuo se pueda cumplir es necesario contemplar 3 niveles distintos de flujo. Y estos son:

- 1) Flujo de información normalizada: Es importante una nivelación de la producción, utilización de tarjetas kanban y el seguimiento diario de los procesos (Hernández et al.,2013).
- 2) Flujo de materiales: Reducir el trabajo en proceso, a través de una buena organización(Hernández et al.,2013).
- 3) Flujo de operarios: Formar a los operarios para trabajar en cédulas de trabajo y con técnicas adecuadas (Hernández et al.,2013).

El flujo continuo implica disminuir el lote de producción y producir al ritmo del takt time, además de generar el menor número de producto en proceso.

- Nivelar mix y el volumen de producción:

Según Hernández et al.(2013) “significa producir en pequeños lotes, incrementando el número de cambios y manteniendo las variantes de componentes a disposición en la sección de montaje”.

Cabe resaltar que esta técnica se ajusta más a sistemas que no sean a contrapedido, es decir sistemas de producción en donde la demanda es incierta y es necesario generar un stock de productos terminados (Madariega, 2019).

e) Kanban:

Según Rajadell et al.(2010) Kanban es :

Un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas en japonés kankan (aunque pueden ser otro tipo de señales), que consiste en que cada proceso retira conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y éstos con la línea de montaje final.

A la vez existe dos tipos de kanbans; el kanban de producción que “ indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior” y el kanban de transporte, “qué y cuánto material se retirará del proceso anterior” (Rajadell et al., 2010).

La aplicación del sistema pull mediante kanban va acompañado de los siguientes métodos operativos:

- 1) Nivelación de la producción: El área de producción debe entregar las cantidad que se han de producir con antelación al área de logística, de esta manera el encargado de logística se compromete abastecer a producción de manera oportuna(Hernández et al.,2013).
- 2) Relación de proveedores: Se busca una relación a largo plazo con los proveedores, se puede optar por el “aprovisionamiento según las necesidades” (Hernández et al.,2013) de materia prima y insumos.

- 3) Polivalencia de los operadores: Es importante la polivalencia de los operarios para que el procesos fluya, además resalta el papel del encargado de planta que debe tener un 100% de polivalencia, para poder responder a los contratiempos que se puede presentar (Hernández et al.,2013).

Además, Lean cuenta con una herramienta de diagnóstico que nos permitirá saber el estado actual del problema. Esta herramienta llamada VSM (Value Stream Mapping) para el diagnóstico inicial de la empresa.

El mapa de la cadena de valor VSM (Figura 4) “es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente” (Hernández et al.,2013).

Es un metodología que se centra principalmente en la reducción del lead time, sin embargo puede carecer de información necesaria para la eliminación de despilfarros de los procesos individuales. Lo que si se puede observar son los desperdicios entre procesos, datos que se obtendrían en la diferenciación del tiempo con valor agregado y el tiempo sin valor agregado.

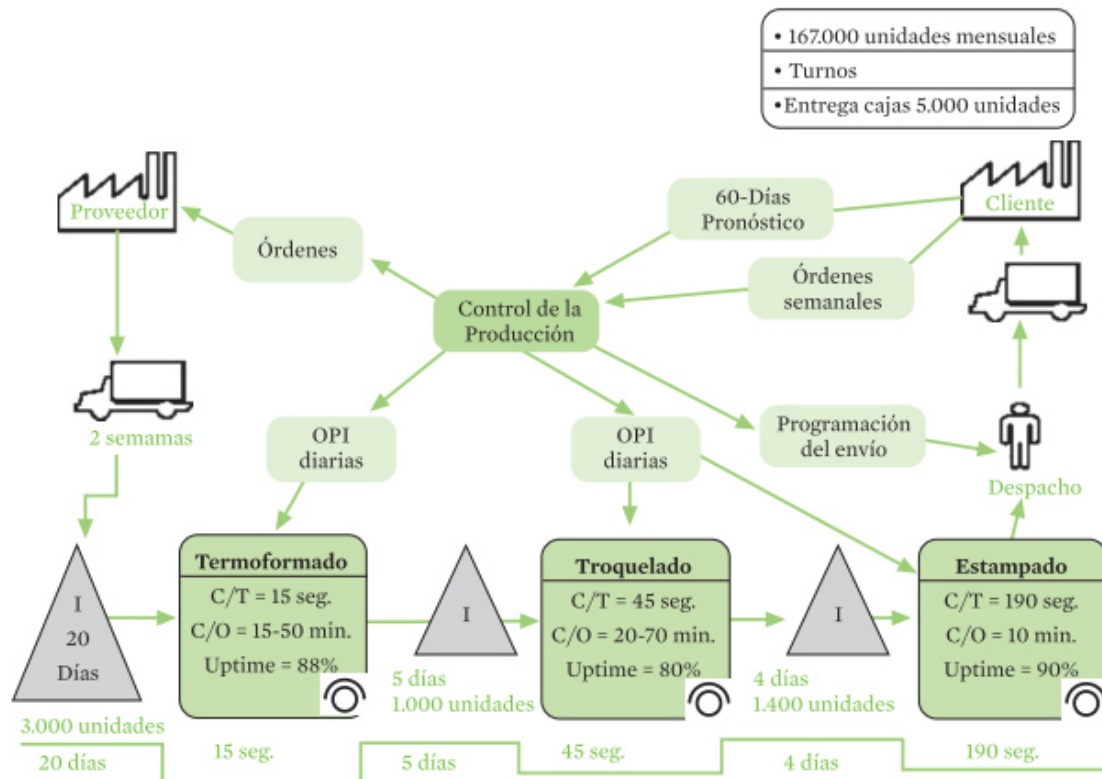


Figura 4. Value Stream Mapping

Fuente: Adaptado de Hernández et al. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

Hernández et al.(2013) nos muestra una aproximación al método operativo para desarrollar el VSM:

- 1) Dibujar los iconos del cliente ,proveedores, y control de la producción.
- 2) Identificar los requisitos de clientes por mes / día.
- 3) Calcular la producción diaria
- 4) Dibujar iconos logísticos con la frecuencia entregada
- 5) Agregar cajas de los procesos de secuencia, de izquierda a derecha.
- 6) Agregar cajas de datos de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
- 7) Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias.
- 8) Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos:

- Tiempo de ciclo (CT): Tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
- Tiempo de valor agregado (VA): Tiempo de trabajo dedicado a las tareas
- Tiempo de cambio de modelo(C/O): Tiempo que toma cambiar un tipo de proceso a otro debido al cambio en las características del producto.
- Número de personas (NP)
- Tiempo disponible para trabajar (EN) sin suplementos
- Plazo de entrega (LT): Tiempo que se necesita para que una pieza o producto recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
- Uptime: % del tiempo funcionando
- CPC: Medida del lote de producción , cada cuanto cambia de modelo, cada día, cada turno, cada hora.

9) Agregar los símbolos y el número de operadores.

- Tiempo de permanencia = Cantidad de inventario* tiempo tack /Tiempo disponible diario.
- Tiempo de permanencia = Cantidad de inventario/ Requerimiento diario del cliente
- Tiempo tack = Tiempo disponible/demanda del cliente por día,

10) Agregar las flechas de flujo.

11) Agregar datos de tiempo,turnos del día,tiempo de descanso y tiempo disponible.

12) Agregar horas de trabajo valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo .

13) Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento.

Los mapas de procesos suelen hacerse para 3 estados diferentes:

En el estado actual se separa las actividades de valor agregado y las de no valor agregado, identificando en las últimas las actividades necesarias y las innecesarias.

En el estado propuesto se analiza a mayor detalle todas las actividades que no agregan valor, buscando formas de reducirlas.

En el estado ideal se plantea como mejorar a largo plazo, busca lograr un mapa de valor sin actividades que no agregan valor (Hernández et al.,2013).

En el siguiente apartado se expone un camino a seguir para la implantación de Lean Manufacturing en las empresas, cabe resaltar que es una ruta sugerida y cada empresa puede reordenar las técnicas recomendadas en cada fase según se acomode a su realidad y necesidad.

2.2.1.3 *Implantación Lean.*

Estudios demuestran que el modelo de Lean puede ser aplicable en empresas de todos los sectores, expertos aconsejan que esta implementación se realice de forma secuencial y que se empiece en un área piloto, que tengan grandes esperanzas de mejora, utilizando técnicas que modifiquen sustancialmente una situación. De esta manera se pueda extender a otras áreas permitiendo la participación de más empleados. Un factor determinante del éxito de la implantación Lean es el compromiso de la alta dirección para invertir en la formación de los empleados (Hernández et al.,2013).

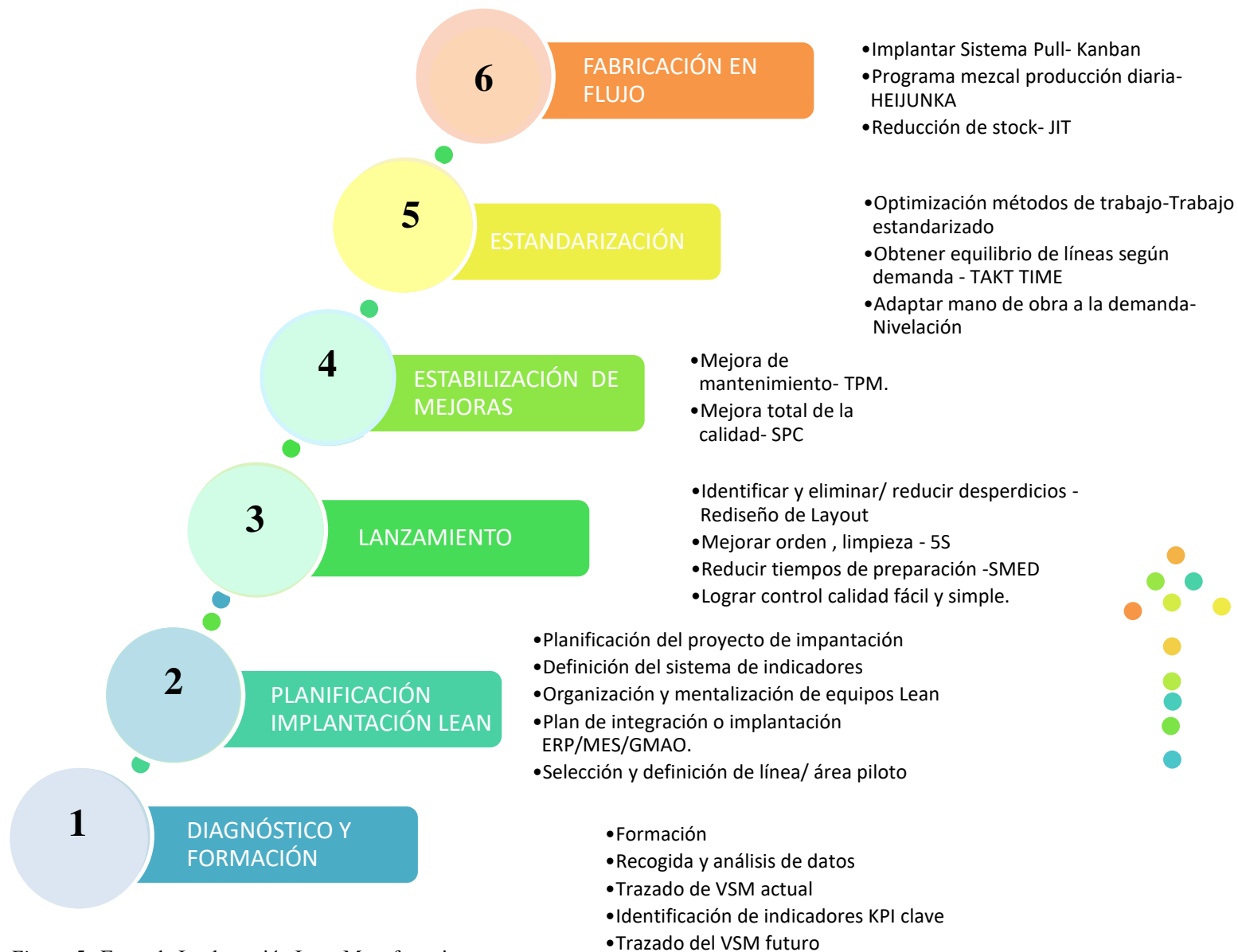


Figura 5. Fases de Implantación Lean Manufacturing

Fuente: Adaptado de Hernández et al. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos , técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

La implantación Lean planteada por Hernández et al.(2013) está dividida en 6 fases (fig 5).

Fase 1: Diagnóstico y formación

En esta fase se debe definir los recursos necesarios y como se va llevar a cabo la implantación. Por lo que es necesario conocer el estado actual de la empresa, definir como se medirá la mejora y que se quiere lograr. Esta primera fase a su vez se divide en 4 etapas:

1) Formación en conceptos Lean Manufacturing

La formación del equipo Lean se debe basar en conocer los objetivos de la filosofía, reconocer los desperdicios Lean, aprender a representar el flujo de valor a través del VSM y conocer el papel importante que desempeñan como agentes del cambio.

2) Recogida y análisis de datos

Se requiere información de productos y procesos, así como la demanda efectiva por cada producto. De esta manera, organizar y priorizar los productos para decidir qué modelo de producción es el más adecuado para cada uno.

3) Trazado del VSM actual

Con toda la información reunida se debe desarrollar el VSM actual de la empresa, cabe resaltar que la fiabilidad de los datos es determinante para el correcto análisis del VSM.

4) Trazada del VSM futuro

Se plantea soluciones y se plasman los objetivos en el VSM futuro.

Fase 2: Diseño del plan de mejora

En esta etapa se planifica el proyecto de implantación, se define objetivos detallados a corto, medio y largo plazo. Además, se define los indicadores de seguimiento y organizan los equipos de trabajo Lean, quienes elegirán el área piloto que se convertirá en un modelo de prácticas para el resto de la empresa.

Fase 3: Lanzamiento

En empresas con sistemas productivos obsoletos e ineficientes, esta etapa podría comenzar con un estudio preliminar que verifica la necesidad de una nueva distribución de planta, revisión de flujo de materiales e incluso balance de línea y mejoras del método de trabajo. Luego, es aconsejable comenzar con técnica como las 5S, SMED y JIDOKA.

Fase 4: Estabilización de las mejoras

En esta etapa se opta por técnicas como TPM y las de calidad buscando reducir los desperdicios en relación al mantenimiento y calidad. Además, se reduce el tamaño de lote buscando mayor flexibilidad y calidad.

Fase 5: Estandarización

En esta etapa se refuerza las mejoras que se ha ido logrando, se estandariza los métodos de trabajo y se adapta el ritmo de producción al takt time. Se hace hincapié en la necesidad de empleados polivalentes.

Fase 6 : Producción en flujo

Los principales objetivos de esta etapa son:

- Reducir inventario en proceso.
- Mejorar la gestión, control y logística de materiales.
- Mantener la estabilidad de las etapas anteriores.

Se utiliza técnicas como el JIT, kanban y Heijunka para el logro de los objetivos y control de flujo de producción.

2.2.2. Productividad.

2.2.2.1 *Importancia de la productividad.*

Según Niebel y Freivalds (2009), “la única manera en que un negocio o una empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de la productividad”, refiriéndose a la productividad como la cantidad de producción por hora de trabajo invertida. Además , resalta que la productividad es aplicable en todas las áreas de las empresas y cualquier sector, sea manufacturero o no. Mediante la mejora de la productividad se resuelven aspectos de reducción de costos y calidad.

2.2.2.2 *Definiciones.*

La productividad se puede definir como “el incremento en la relación entre el resultado obtenido y el insumo utilizado” (Mejía, 2015).

Por otro lado, Galindo, Mariana, y Ríos (2015) lo definen como “una medida de qué tan eficientemente utilizamos nuestro trabajo y nuestro capital para producir valor económico”.

Heizer y Render (2009) definen la productividad como “la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital)”. Además, añaden que si se mejora la productividad se mejora la eficiencia.

En términos generales, productividad es la relación que existe entre el output y el input de un sistema de producción, el input puede ser todos los insumos o parte de ello. A continuación, se explica los tipos de productividad que existen.

2.2.2.3 *Tipos de productividad.*

Según Alfaro (2014) se puede tener tres tipos productividad. Estos son:

- a) Productividad Total: Indica el grado de utilización de todos los factores que intervienen el proceso de producción, respecto a la producción total. Considera toda la producción y los

insumos cuantificables (Alfaro, 2014). Sin embargo, es relativamente difícil obtener todos los datos para los cálculos, es por ello que se recurre al cálculo de la productividad parcial.

b) Productividad de factor total: Es la “relación de la producción neta con la suma asociada de insumos de mano de obra y capital, por producción neta se entiende la producción total menos servicios y bienes intermediarios” (Alfaro, 2014).

c) Productividad Parcial: Es la “relación entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo” (Alfaro, 2014).

Si se utilizan de manera aislada, estas medidas pueden conducir a errores. Es importante acompañar el análisis con otros indicadores de producción.

A continuación, se revisa conceptos relacionados a la productividad.

2.2.2.4 Tipos de indicadores según objetivos.

Existen 3 formas de cumplimientos dentro de los cuales no existe grado de superioridad, en los cuales se enmarcan los indicadores. Estos se enmarcan según objetivos y resultados esperados. Estas formas de cumplimiento son:

- **Eficacia:** Brindan información de cumplimiento o incumplimiento de objetivos. Se enfoca en las metas. (Acevedo y Cachay, 2010)
- **Eficiencia:** Brinda información de la utilización de los recursos respecto a los resultados.
- **Efectividad:** Es la combinación de eficacia y eficiencia, cumplimiento de objetivos con la mejor utilización de recursos.

2.2.2.5 Indicadores de productividad.

Dentro de los indicadores de productividad parcial se tiene:

- Índice de productividad de mano de obra (1/PMO)

Determina la eficiencia con el que se utiliza la mano de obra en un periodo, la causa de una baja eficiencia puede darse por trabajadores ineficientes, falta de equipos necesarios o desorganización de administrativa que obstaculice el trabajo de los operarios (falta de información, llegada de materia prima, etc.) (Martinez, 2014).

$$\text{PMO} = \text{Valor de venta total del periodo} / \text{Valor de MOD del periodo}$$

- PC: Índice de productividad de capital

“Determina la eficiencia con que se ocupan todos los bienes de capital que intervienen en el proceso de producción” (Martinez, 2014).

$$\text{PC} = \text{Ingreso por Bienes y Servicios} / \text{Valor del total del factor de Capital}$$

2.2.2.6 Lead Time y la productividad.

Las empresas que trabajan en productos a pedido ofrecen a sus clientes tiempos de fabricación. Esto es un compromiso de entrega de los productos en tiempo establecido. El cumplimiento de la entrega refleja la eficacia de la empresa. Además, la reputación de la empresa puede estar en juego si no se llega a entregar los productos al cliente en el plazo establecido, o peor aún la empresa podría perder un cliente importante. Bajo este marco se resalta la importancia de conocer y mejorar los tiempos de fabricación de los productos.

La medición de los tiempos de fabricación o Lead Time, permite cumplir los criterios de rentabilidad, que son el nivel de servicio y la productividad. El reducir e Lead Time se traduce en la mejora de estos factores, esto se sustenta porque permite dar plazos más cortos a los clientes, a su vez tener más capacidad para atender otros pedidos, y se obtiene mayor flexibilidad de la producción (Lorente, 2016).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general

La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

3.2 Hipótesis específicas

HE1. La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

HE2. La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta de manera significativa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

3.3 Identificación de variables

V1. Lean Manufacturing

Filosofía de mejora continua que se basa en la eliminación de desperdicios por medio de la participación de las personas, logrando buenos resultados de rentabilidad, productividad y competitividad.

V2. Productividad

Es una medida de qué tan eficientemente se utiliza el trabajo y el capital de una empresa para producir valor económico (Galindo et al., 2015).

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 3
Operacionalización de Variables

Variables	Dimensión	Indicador
Lean Manufacturing	Flujo Continuo	Δ %Variación IPP
	SMED y Estandarización	Δ % Variación Disponibilidad.
Productividad	Eficiencia	Índice de productividad de mano de obra (PMO) .
		Productividad mensual
	Eficacia	Lead time de fabricación por producto.

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada porque el conocimiento que se busca obtener ayudará a la solución de problemas (Méndez, 2013).

4.2. Diseño de Investigación

Hernández, Fernández y Bautista (2014) definen al diseño no experimental como “los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. En tal sentido el presente trabajo utiliza el diseño no experimental de tipo transversal, ya que no hay manipulación de variables sino mediciones a través de los indicadores y estos se obtienen con datos de un momento determinado. Además, alcance de la investigación es de nivel descriptivo ya que tiene como finalidad ampliar y analizar la utilización de las herramientas de Lean Manufacturing para el desarrollo de una propuesta de mejora

4.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es el producto fabricado. En las 3 primeras líneas (corte, canto, perforado) son piezas y en las 2 últimas líneas son productos terminados.

4.4. Población de estudio

Son los productos fabricados en el periodo noviembre 2019 a enero 2020, en el área de carpintería de una empresa mobiliaria que comprende los procesos de corte, canto, perforado, armado, limpieza y embalaje.

4.5. Técnicas de recolección de Datos

Se utiliza las técnicas de observación y análisis de data proporcionado por el área de procesos y estudio de tiempos, así como de los reportes diarios de los trabajadores del área de carpintería.

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Descripción de la empresa

Es una empresa dedicada al diseño, fabricación y venta de mobiliario para oficinas, CIIU 3610, la materia prima principal son las planchas de melamine. Entre los productos que ofrece se encuentran:

- ✓ Almacenamiento (armarios y credenzas, lockers, cajoneras)
- ✓ Accesorios (vallas separadoras)
- ✓ Sillas (gerenciales, operativas, sillones, para conferencias)
- ✓ Escritorios (gerenciales, bench, bench especiales, paneles)
- ✓ Mesas (reuniones, colaborativas, comedores corporativos, capacitación)

5.2. Principales áreas de la empresa

Desde el pedido del cliente hasta que los productos finales lleguen al usuario, la empresa lleva a cabo los siguientes procesos, detallados en la figura 6.



Figura 6. Principales áreas de la empresa en estudio

Fuente: La empresa

Las actividades en la planta de la empresa inician cuando ingresa una orden de trabajo a la bandeja del Planner de producción, este se encarga de estimar un tiempo de entrega y además de planificar al área de diseño para el desarrollo de planos y requerimiento de materiales (rms) y al área de compras para dar inicio a la producción y finalmente realizar la entrega e instalación de los productos.

En el caso ingrese una postventa el proceso reinicia en la planificación y pasa todo el ciclo si fuera necesario fabricar un producto o parte de este para solucionar la postventa.

El área de carpintería consta de cinco estaciones de trabajo muy marcadas, estas son:

a) Área de corte

Se realiza mediante la maquina seccionadora, donde se ejecuta corte de planchas quedando piezas dependiendo el requerimiento a seguir, se realiza el corte del primer tramo de acuerdo a las medidas que necesite el producto (figura 7).



Figura 7. Área de corte de empresa en estudio
Fuente: Propia

b) Área de canteado

La máquina usada en esta área se llama enchapadora, en este proceso se une la pieza de melamine con el canto (figura 8).



Figura 8. Área de canteado de empresa en estudio.

Fuente: Propia

c) Área de perforado

Se realiza en la máquina CNC, donde se realizan agujeros a piezas de melamina de acuerdo a los requerimientos del producto (figura 9).



Figura 9. Área de perforado de empresa en estudio.

Fuente: Propia

d) Área de armado

Se realiza con herramientas como el tornillo, minifit y taladro, donde unen y ensamblan las piezas de diferentes partes del producto con la ayuda de accesorios, con el objeto de obtener producto final satisfaciendo y cumpliendo con las necesidades del cliente (figura 10)



Figura 10. Área de armado

Fuente: Propia

e) Área de limpieza y embalaje

En esta área (figura 11) realizan la limpieza y embalaje del producto final, utilizan huaípe y diluyente(thinner) para la limpieza y film y cartón para el embalaje.



Figura 11. Área de limpieza y embalaje

Fuente: Propia

5.3. Diagnóstico inicial

5.3.1. Desarrollo del VSM del área de carpintería.

Dentro de los productos fabricados en la empresa se tiene tableros, productos de almacenamiento (cajonera, credenzas, aéreo), estos últimos son las que tienen mayor dificultad en su producción, ya que pasan por todos los procesos antes mencionados. A diferencia de los tableros que básicamente pasan por los tres primeros procesos (corte, canteado y perforado), que son procesos con utilización de maquinaria CNC, y finalmente pasan por el proceso de limpieza y embalaje. Además, que el producto final consta de una sola pieza y no requieren de proceso de armado.

Para el desarrollo de la propuesta elegiremos los productos más representativos de la empresa, para ello se hace un análisis de la demanda de productos del año 2019.

Cabe resaltar que la empresa produce a pedido, es decir, esta produce todo lo demandado por el cliente y, además, los productos de almacenamientos pueden variar en medidas, colores y modelos.

Como se puede observar en la fig. 12, los productos más vendidos en cada mes son tableros y cajoneras, obteniendo un total de 2874 tableros y 1699 cajoneras en el 2019.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TABLERO	89	201	308	399	96	423	264	62	446	106	173	307
ARCHVADOR	9	30	6	13	2	6	13	3	22	28	10	14
ARMARIO	18	5	5	12	9	62	10	1	12	1	10	3
CAJONERA	71	70	68	301	34	249	175	25	357	77	89	183
CREDENZA	45	43	11	77	38	70	63	8	27	12	52	85

Figura 12. Ventas de productos en el 2019

Fuente: La empresa

	TOTAL	PROM MENSUAL
TABLERO	2874	239.5
ARCHIVADOR	156	13.0
ARMARIO	148	12.3
CAJONERA	1699	141.6
CREDENZA	531	44.3

Figura 13. Ventas del 2019 y promedio mensual por producto (S/).

Fuente: La empresa

PRODUCTO	% VENTAS
ARCHIVADOR	7%
ARMARIO	13%
CREDENZA	25%
TABLEROS	27%
CAJONERA	28%

Figura 14. Porcentaje de participación en las Ventas de productos representativo.

Fuente: La empresa

Los criterios que se tiene en cuenta para la elección de la familia de productos que se eligió son:

- La participación de estos en los ingresos de la empresa dentro de los productos fabricados por el área de carpintería.
- La dificultad de producción de los productos.

En resumen, la familia de productos de la cajonera es la que tiene mayor participación (fig. 14), y son los productos que pasan por todos los procesos del área de carpintería.

Como se había resaltado dentro de la familia de las cajoneras se ofrece distintos modelos que son los que muestra la figura 15. Además, la cajonera estándar móvil 1-1 representa el 80% de la familia de productos de almacenamiento (cajonera).

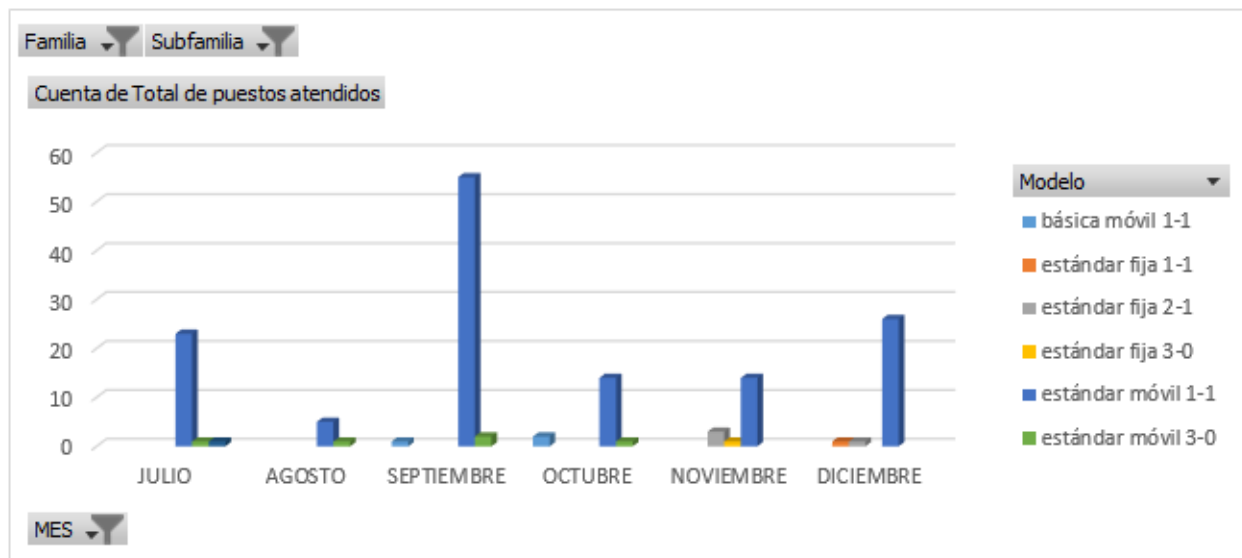


Figura 15. Demanda de cajonera por modelo

Fuente: La empresa

Los pedidos ingresan a la planta como órdenes de trabajo (OT) y estas son desglosadas en piezas. Cabe resaltar que inicialmente en un plano de corte podría haber piezas de diferentes tipos de producto, por lo cual no se podría hacer un VSM por producto. En este caso se trabaja por piezas fabricadas.

A continuación, se reúne los datos necesarios para la elaboración del VSM inicial del área de carpintería.

El área de planeamiento entrega al supervisor de operaciones el detalle de cada orden de trabajo (OT), es decir, planos para cada proceso con sus respectivas especificaciones (color, cantidad, cliente) y de manera diaria un programa (reporte) para cada trabajador, donde indica las OT programadas que se trabajarán en el día, los operarios retornan estos reportes con el tiempo invertido por cada OT y las cantidades reales que fueron terminadas en la jornada laboral.

Según Rother & Shook (2009), para el desarrollo del VSM se debe empezar con los requerimientos del cliente.

La empresa en estudio fabrica diferentes productos, cada producto está conformado por una cantidad de piezas determinadas, de esta forma se halla las piezas requeridas por mes por parte del cliente, siendo este resultado de 6349 piezas/ mes en promedio, estos productos son ofrecidos por el área de proyectos en plazo de 15 a 25 días, dependiendo del volumen de productos y las características de estos.

La jornada de trabajo es de 8 horas diarias a un solo turno, y destinan 30 min diarios para la limpieza general de todas las áreas (15 minutos al inicio y 15 al final de la jornada).

A continuación, se calcula el Takt Time, que indica cada cuantos segundos la empresa en estudio debe fabricar una pieza para cumplir con la demanda del cliente.

$$\text{Takt Time} = \text{Tiempo disponible} / \text{demanda}$$

$$\text{Takt Time} = \text{segundos de trabajo diario disponible} \times \text{días trabajados al mes} / \text{demanda mensual.}$$

$$\text{Takt Time} = (8 \times 3600 - 30 \times 60) \times 26 / 6349 \quad \text{seg/pieza}$$

$$\text{Takt Time} = 111 \quad \text{seg/pieza}$$

El tiempo de ciclo de cada proceso fue calculado por pieza, por medio de un estudio de tiempo realizado con anterioridad al presente estudio, las cantidades de inventario (piezas) entre cada proceso. Los datos se recogieron diariamente al finalizar la jornada laboral, el resultado es un promedio del inventario entre procesos (anexo 5).

Los datos obtenidos muestran un lead time de 5.40 días para la producción de un lote promedio de 301 piezas.

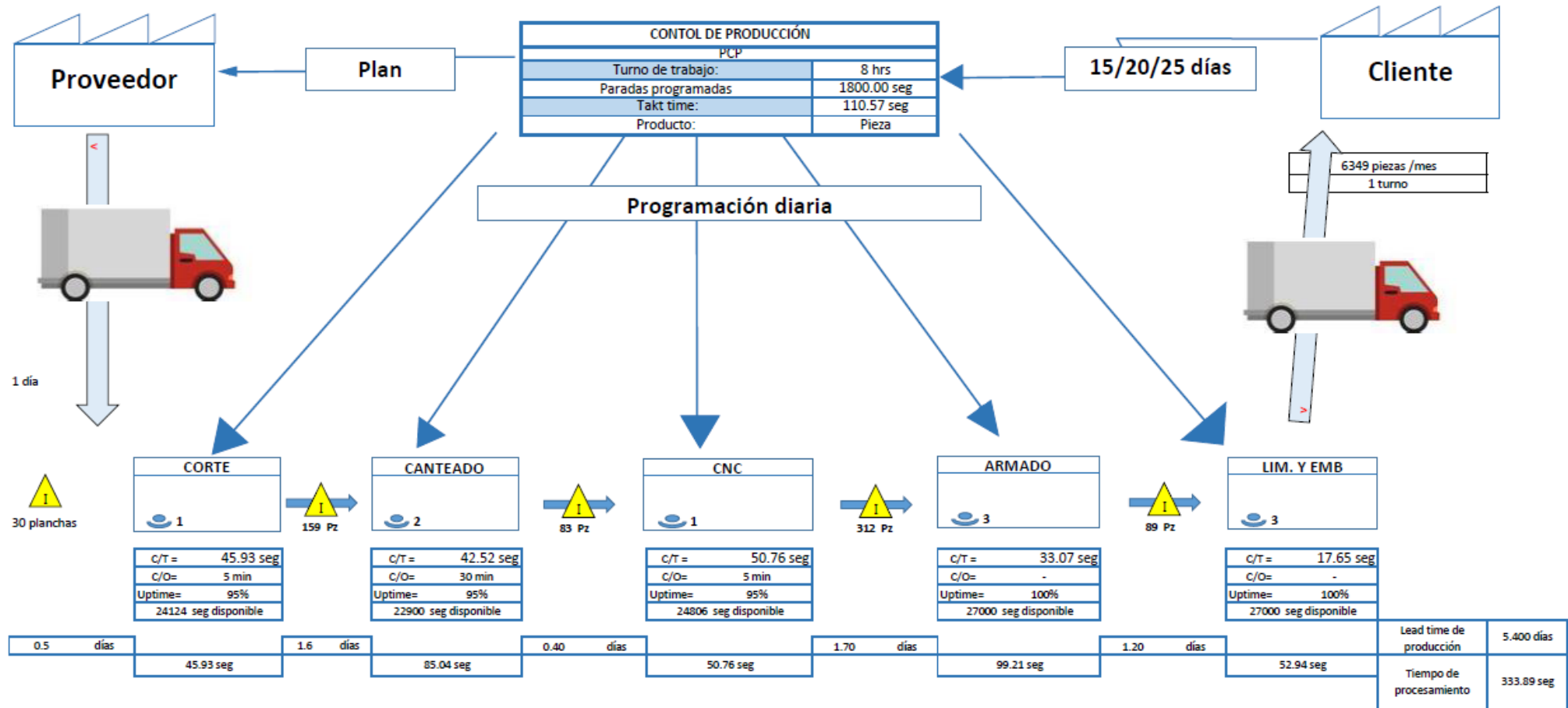


Figura 16. Value Stream Mapping inicial del área de carpintería.

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Identificación de principales problemas.

Se detalla las observaciones encontradas en el VSM actual, así como los problemas que fueron identificados en el día a día.

- Se puede observar mayor inventario en proceso entre los procesos de corte y canteado, debido a la baja disponibilidad del proceso de canteado.

Cabe resaltar que el proceso de canteado se puede necesitar dos tipos de canto (canto delgado y grueso) para la fabricación de una misma pieza, destinando un tiempo de 5 min para la calibración de la máquina. Además, dependiendo el color del material (melamine), se utiliza un color diferente de cola (cola transparente o cola blanca), utilizando un tiempo de 30 min para el calentamiento de esta.

- Se observa mayor inventario entre los procesos de CNC (perforado) y armado, a pesar que el tiempo de procesamiento de este último es menor. Las piezas son mezcladas y en muchos casos deben esperar por un componente que aún no ha pasado por el proceso anterior. Además, los operarios de armado invierten tiempo en la separación de piezas.
- Otra observación del área de armado es la existencia de tiempo muerto por búsqueda de material o falta de accesorios para el desarrollo de sus actividades.
- Dentro de las observaciones que se hizo *in situ* fue que el operario de CNC, en algunos momentos se quedaba sin piezas para trabajar y tenía que esperar al proceso anterior, en otras oportunidades el operario bajaba su ritmo de producción, debido a la baja disponibilidad del área de canteado.
- En el área de embalaje se observó que al inicio de cada lote los operarios no tenían muchos productos para trabajar, pero al finalizar o al siguiente día generaban grandes

inventarios y se tenía que recurrir a operarios de otras áreas para poder cumplir con el cliente.

- En algunas ocasiones se ha generado inventario en proceso debido al cambio de prioridad de los productos por parte del cliente, generando que algunas piezas se dañen. Por dar un ejemplo, cuando una pieza es cortada no debería pasar mucho tiempo para ser canteada, ya que la pieza de melamine puede hincharse debido a la humedad del ambiente, esta variación en las medidas generaría productos defectuosos.

Para complementar la información se agrega el reporte de incidencias de los últimos meses en el área de carpintería en la figura 17.

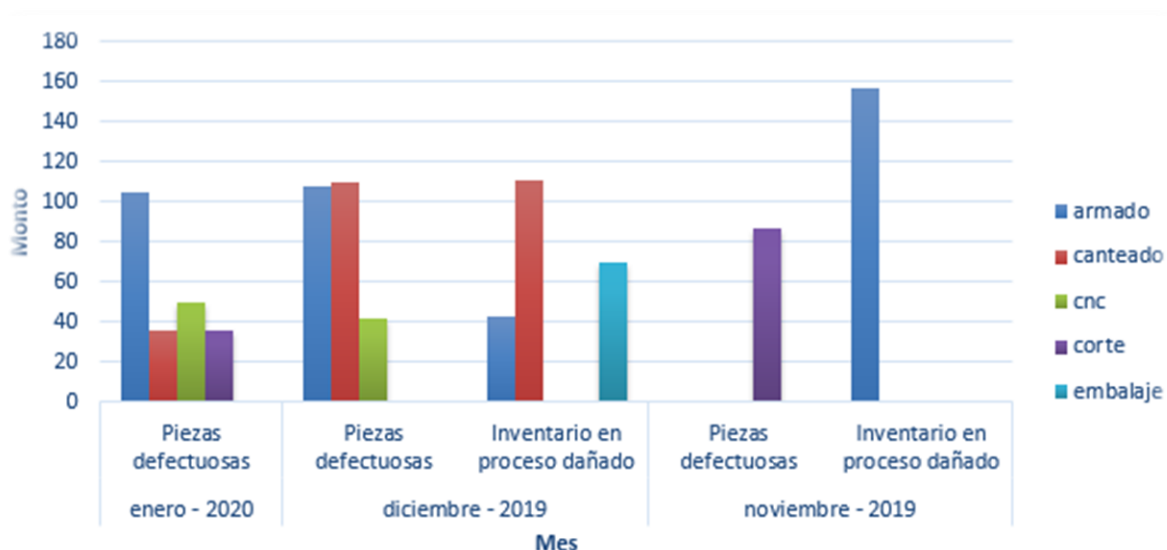


Figura 17. Valorización en soles de incidencias del área de carpintería.

Fuente: La empresa

Se puede observar que las áreas más representativas son armado y canteado, refiriendo a piezas defectuosas a las piezas obtenidas que no cumplen con los estándares de calidad. El otro ítem se refiere a piezas dañadas en el transporte por caídas o mala manipulación de estas.

En la tabla 4, se identifica los desperdicios presentes en el área y se mencionan las posibles causas y soluciones.

Tabla 4
Identificación de desperdicios en área de carpintería

Desperdicio	Detalle	Área	Posible causa		Posible solución	
Inventario	Piezas en proceso	Todas	Grandes lotes		Flujo continuo	
Sobreproducción	La capacidad de corte es mayor al del canteado.	Corte	Línea balanceada.	no	Estandarización de procesos.	de
					Flujo continuo	
Espera	El tiempo de calentamiento de la cola es de 30 min. La espera para la entrega de cantos según programa, es de 20 min.	Canteado	Tiempo de setup y preparación altos		SMED Control Visual	
	El operario de la CNC, debe esperar a que se acumule un lote, además que tiene mayor capacidad que la canteadora.	CNC	Línea balanceada	no	Estandarización de procesos.	de
			Grandes lotes		Flujo continuo	
	Para el armado es necesario contar con todas las piezas de un producto.	Armado	Grandes lotes		Flujo continuo	por
					Optimización de producto	
	El área de armado entrega productos al área de embalaje después de largos periodos de tiempo.	Embalaje	Grandes lotes		Estandarización de procesos.	de
Transporte y movimiento	Cada operario desarrolla sus actividades según su forma de trabajo. Las herramientas no están organizadas.	Embalaje Armado	Falta de estandarización y cultura de organización	de	Estandarización de procesos.	de
					5S	
Talento Humano	Se necesita más operarios para cumplir con la fecha ofrecida al cliente.	Armado Embalaje	Línea balanceada	no	Polivalencia	
Reproceso	Piezas defectuosas o dañadas en el proceso.	Todas	Grandes lotes		Flujo continuo	de
					Estandarización de procesos	
					Controles de calidad.	

Fuente: Elaboración propia

Además del VSM inicial se calcula los indicadores de productividad; asumiendo que en un periodo de tiempo solo se trabaje cajoneras, las 301 piezas trabajadas formarían 17 cajoneras, ya que cada cajonera cuenta con 17 piezas. Estas se obtendrían en 5.40 días de trabajo.

Para el cálculo del Índice de productividad de la MO, se necesita el costo por día de cada operario, la cantidad de tiempo que se destinó para la producción y el valor de venta de los productos.

$$\text{PMO} = \text{Valor de venta} / \text{Valor de MOD}$$

En la tabla 5 se muestra PMO y los índices de los meses de noviembre a enero de la empresa, se toma como referencia el PMO promedio.

Tabla 5

PMO e índice de PMO promedio del área de carpintería

Indicador	Noviembre	Diciembre	Enero	Indicador promedio
PMO	18.8	15.1	17.1	17.0
Índice de PMO	5.00%	7%	6%	6.00%

Fuente: La empresa

Se observa que el mayor Lead time obtenido el VSM inicial, es el del armado (1.70 días). Este marcaría el ritmo de la producción si se produjera solo cajoneras, esperando una productividad mensual de:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = 26/1.70 \times 17 = 271 \text{ cajoneras/ mes}$$

Cabe resaltar, que los datos son calculados teniendo en cuenta un horario normal y los recursos mencionados. Ya que la empresa, para cumplir la demanda de todos los productos, recurre a horas extras y apoyo de personal de otras áreas.

Tabla 6
Indicadores de productividad

INDICADOR	RESULTADO
PMO	17
Índice de PMO	6%
LEAD TIME	5 .40 días / 17 cajoneras
PRODUCTIVIDAD	271 cajoneras/ mes

Fuente: Elaboración propia

5.4. Desarrollo de la propuesta

A continuación, se desarrolla cada herramienta Lean que se considera en la propuesta. Esta consiste en reducir los desperdicios en la medida de lo posible y recuperar esos tiempos que se traducen en mayor productividad. De esta manera no se asume un escenario ideal, ya que existe muchos otros factores que podrían detener la producción, y estos podrían no estar considerados.

a) Flujo continuo

La filosofía Lean busca que una producción tenga un flujo continuo a través de una adecuada organización del personal y la disminución del lote de producción para generar menor inventario en proceso.

Para la disminución de lote es importante considerar los tiempos de setup y la merma que la reducción de lote produce, ya que se trabaja con planchas de melanina. Para ello, se coordinó con el área de diseño para que elabore los planos de corte considerando la priorización de productos y el menor lote que permita una merma de material mínima. En este caso, a diferencia de los planos que se viene trabajando, las piezas de los diferentes productos no estarían combinados.

De acuerdo a la optimización realizada por el área de diseño el lote óptimo para las cajoneras es de 6 unidades y consta de 4 planos de corte (anexo 6).

Para dar un ejemplo, si una Orden de Trabajo consistiera de 18 cajoneras y 20 tableros, todas las piezas de las cajoneras estarían en los primeros planos y en los siguientes todas las piezas de tableros. Además, eligiendo un número de lote de 6 cajoneras. Los primeros planos de corte deben contener todas las piezas de las 6 cajoneras, de esta forma, no se perderá mucho tiempo en la separación de las piezas por productos.

Por lo tanto, si se logra balancear la línea de los procesos de carpintería, el inventario promedio sería de $6 \times 17 = 102$ piezas de cajoneras.

El siguiente punto a analizar es el área de canteado, ya que con la dismunición del lote y la priorización por producto se eliminarían las esperas generadas en el área de armado. Quedando como cuello de botella el área de canteado debido a su baja disponibilidad.

Según los datos obtenidos de los reportes diarios de los trabajadores, en el área de canteado, las actividades que disminuyen la disponibilidad de esta son los que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7
Actividades que afectan la disponibilidad del proceso de canteado

Etiquetas de fila	Min/turno
Baño	6.80
Cambio de canto	5.00
Cambio de calderín	32.0
Consulta a diseño	0.30
Espera de material (canto)	2.90
Habilitado de material	6.80
Limpieza de área	30.0
Llenado de reporte de producción	8.20
Máquina inoperativa	0.60
Reunión	2.10
Mantenimiento Programado	10.8
Traslado de coche	0.70

Fuente: Elaboración propia

b) SMED

Según Madariaga (2019), para la aplicación de la herramienta SMED es importante definir los tipos de operaciones que se encuentran dentro del tiempo de preparación.

Los tiempo de preparación que se considera en el área de canteado son:

- ✓ Cambio de canto: proceso que incluye el pase de canto delgado a grueso o viceversa, teniendo las siguientes operaciones.

Se sigue los pasos para la aplicación de está herramienta descritas en el marco teórico.

Paso 1: Descomponer el cambio en operaciones

A continuación, se muestra las operaciones del proceso de cambio de canto. Cabe resaltar que estas operaciones son realizadas por el operario principal del área de canteado.

Tabla 8
Proceso de cambio de canto

N	Operación	T(min)
1	Sacar rollo de canto actual	0.50
2	Ir por el nuevo rollo de canto	1.00
3	Colocar canto	0.50
4	Calibrar máquina	0.50
5	Buscar retazos para prueba	1.50
6	Probar pieza	1.00

Fuente: La empresa

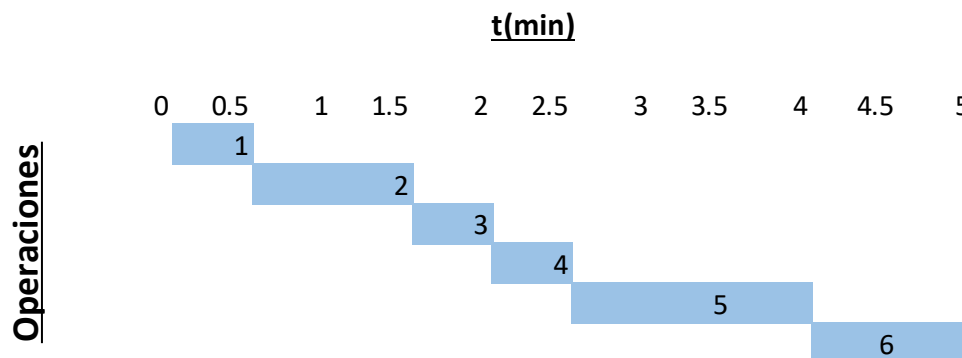


Figura 18. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto I
Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Separar las operaciones en externas e internas

Se identifica todas las operaciones como internas ya que se desarrollan con la máquina parada.

Tabla 9

Identificación de operaciones del proceso de cambio de canto

N	Operación	T(min)	Tipo de Operación
1	Sacar rollo de canto actual	0.50	Interna
2	Ir por el nuevo rollo de canto	1.00	Interna
3	Colocar canto	0.50	Interna
4	Calibrar máquina	0.50	Interna
5	Buscar retazos para prueba	1.50	Interna
6	Probar pieza	1.00	Interna

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Convertir operaciones internas en externas

En el tiempo del proceso de cambio de canto, el ayudante del área suele esperar hasta que el operario principal termine. Sin embargo, se logra convertir las operaciones 2 y 5 en externas con la participación del ayudante. Reduciendo el tiempo a 3.50 min (figura 19)

Tabla 10

Identificación de operaciones del proceso de cambio de canto

N	Operación	T(min)	Tipo de Operación
1	Sacar rollo de canto actual	0.50	Interna
2	Ir por el nuevo rollo de canto	1.00	Externa
3	Colocar canto	0.50	Interna
4	Calibrar máquina	0.50	Interna
5	Buscar retazos para prueba	1.50	Externa
6	Probar pieza	1.00	Interna

Fuente: Elaboración propia.

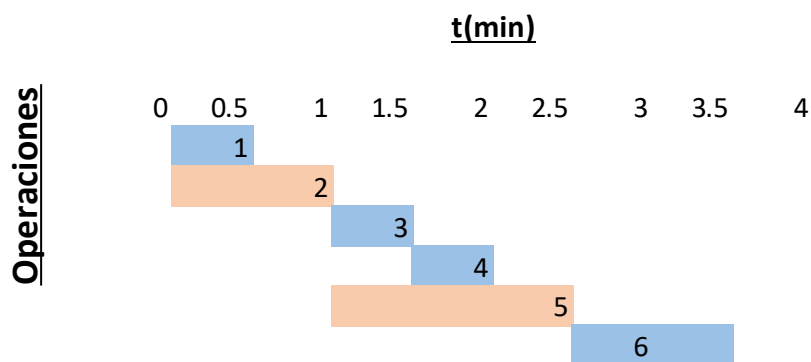


Figura 19. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto II

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4: Reducir las operaciones internas y externas

Finalmente con la aplicación de las medidas se reduce el tiempo de las operaciones externas obteniendo un nuevo tiempo de 2.50 min (figura 20).

Tabla 11

Reducción de operaciones internas del proceso de cambio de canto

N	Operación	T(min)	Tipo de Operación	Medida	T(min) nuevo
1	Sacar rollo de canto actual	0.50	Interna		
2	Ir por el nuevo rollo de canto	1.00	Externa	Preparar un almacenamiento más cercano y que esté rotulado	0.50
3	Colocar canto	0.50	Interna		
4	Calibrar máquina	0.50	Interna		
5	Buscar retazos para prueba	1.50	Externa	Destinar un depósito para piezas que puedan usarse para las pruebas, que deberá separar el cortador.	0.50
6	Probar pieza	1.00	Interna		

Fuente: Elaboración propia.

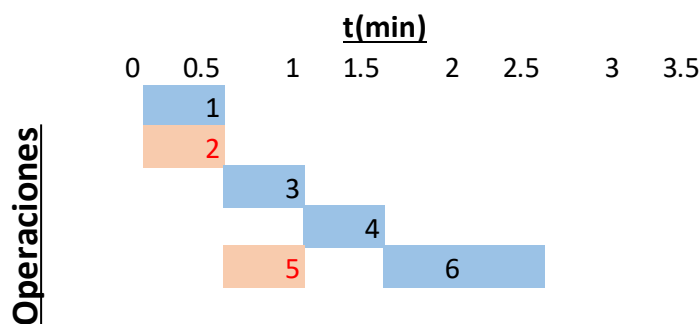


Figura 20. Distribución el tiempo del proceso de cambio de canto III

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cambio de calderín: proceso que incluye el cambio de color de cola y la colocación del calderín(depósito de cola).

Debido a que el proceso de calentamiento tiene que hacerse bajo una temperatura determinada el tiempo de calentamiento es de 30.0 min y 2.00 min para separar de cola en polvo y colocar el

calderín en la máquina. Por esta razón se considera convertir toda el proceso en una operación externa que no debe afectar la disponibilidad del área. Para ello se toman las siguientes medidas:

- ❖ Capacitar al personal de vigilancia y al supervisor el encendido de la máquina a las 7:30 am, para el calentamiento de la cola, además el operario deberá dejar el calderín con la cantidad y color de cola que se usará al día siguiente.
- ❖ El supervisor debe entregar el programa de producción diario el día anterior para que el operario pueda identificar el color de cola, operación que se hará al finalizar el programa diario.
- ❖ El planner debe considerar el color de cola para la planificación de las piezas en el día, en el caso se necesite cambiar de color de cola, este se debe programar a la 1:30 pm. Cabe resaltar que hay una baja probabilidad ya que según los reportes el número de cambio de cola por día es de 1.20 veces/ día.

Por otro lado, otro desperdicio que disminuye la disponibilidad del área de canteado es la espera de material (canto), el material debe ser entregado por el encargado de almacén.

El planner envía la programación diaria un día anterior y este le hace la entrega el mismo día a primera hora, sin embargo, el encargado no suele cumplir con los horarios y esto genera una pérdida de tiempo de parte de los operarios, que muy a menudo suele ir hasta el área de almacén para pedir el material que se necesita.

c) Control visual

La medida que se propone para mejorar en la gestión de la entrega de material y eliminar el desperdicio es la herramienta de control visual.

Se pidió al área de diseño el desarrollo de un mueble que permita el depósito de los cantos programados en el área de canteado, de tal forma que el supervisor pueda escribir el número

correspondiente a cada OT que se trabajará al día siguiente. De esta manera se utiliza un método visual para controlar el aprovisionamiento de material de forma oportuna.

El orden de los números de OT serán según la programación, el encargado de almacén debe colocar los cantos un día anterior dentro del horario de limpieza general de fin de turno del área de carpintería.

La figura 21 muestra el modelado del mueble. Este consta de quince espacios para guardar los cantos según Orden de trabajo, este puede necesitar de canto delgado, grueso y en dos combinaciones de colores. Por lo cual cada espacio tiene una altura de 7.60 cm, ya que el espesor de canto es de 18.0 mm, que en el escenario más variado necesitaría un espacio máximo de 7.20 cm (18.0 mm x 4.00).

Cabe resaltar, que el mueble será contraplacado con formica pizarra para que se pueda escribir con plumón en cada casilla el número de OT.

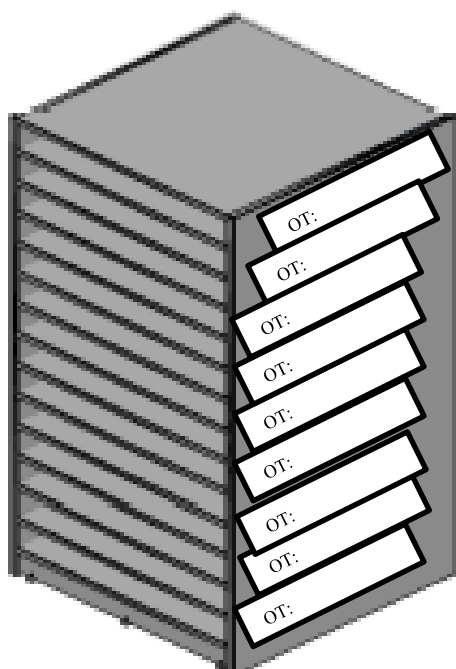


Figura 21. Modelado del mueble para el depósito de canto.

Fuentes: Adaptado del área de diseño de la empresa.

En relación con el tiempo invertido en la limpieza diaria de toda el área de carpintería, el tiempo de limpieza estipulado es de 15.0 min al inicio del turno y 15.0 min al finalizar el turno. Sin embargo, según lo observado en el Gemba, los operarios no destinan más que 10.0 minutos del tiempo a limpieza, el resto por falta de supervisión y conciencia es desperdiciado en conversaciones entre ellos o una salida anticipada de 5.0 minutos.

Otro punto es el inventario generado entre el área de corte y canto, debido a la baja disponibilidad del área de canto. Por ello, se asigna la actividad de habilitar material al operador de corte. Este debe separar las piezas y acomodarla en el coche de tal forma que el operario de canto ya no debería destinar su tiempo al acomodo de piezas.

d) Estandarización de procesos

En el área de corte las actividades que el operador realiza son:

Tabla 12
Actividades del proceso de corte

N°	Actividad	Descripción de Proceso	Máquina
1	Carga	El operador carga la plancha a usar de acuerdo con el material y el color que indica en el plano de cada OT.	Seccionadora
2	Corte	La seccionadora empieza cortando de manera horizontal, obteniendo piezas grandes largas, anchas o delgadas, estas tiras son cortadas en piezas más pequeñas.	
3	Apilar	Se procederá a ordenar y separar por tamaño, colocando a cada grupo de piezas idénticas una etiqueta.	
4	Guardar o desechar retazos	Las piezas con un tamaño no adecuado para el operador serán desechas, ya que, aun no se encuentran un correcto uso.	

Fuente: La empresa

El operador apila las piezas en un coche vertical (figura 22), que luego será transportado al área de canteado. El operario de canto toma las piezas del coche vertical y las ordena por tamaño y tipo de canto a usar en un coche horizontal



Figura 22. Coche Vertical del área de corte

Fuente: La empresa

En otras palabras, se hace un doble trabajo de acomodo, además que se ha reportado quiñes en los bordes de algunas piezas por la forma de apilarse.

Por lo tanto, se propone que el operario de corte acomode las piezas desde el comienzo considerando la necesidad del área de canteado. Así pues, no se le agrega una actividad sino, se indica cómo debe realizar la actividad de una mejor manera.

Cabe resaltar, que la máquina de corte imprime automáticamente una etiqueta única para un grupo de piezas de igual características. Además, el operario a parte de los planos de corte recibirá el resumen de piezas de canteado (tabla 13).

Tabla 13
Listado de piezas para el área de canteado

OT	Componente	Código	# Piezas	Largo mm	Anchura mm	Canto
-	Vi_Frente_Cajon	1006	6	423.70	317.40	DDDD
-	Vi_Frente_Cajon	1012	6	423.70	158.50	DDDD
-	Costado Cajón	1007	6	325.70	239.80	NDDD
-	Costado Cajón	1008	6	425.00	139.80	NDNN
-	Costado Cajón	1009	6	325.70	239.80	NDDD
-	Costado Cajón	1010	6	425.00	139.80	NDNN
-	Costado Cajón	1013	6	326.00	104.80	NDNN
-	Costado Cajón	1014	6	450.00	104.80	NDNN
-	Costado Cajón	1015	6	326.00	104.80	NDNN
-	Costado Cajón	1016	6	450.00	104.80	NDNN
-	Lateral Derecha	1002	6	462.00	478.20	DDNN
-	Lateral Izquierdo	1003	6	462.00	478.20	DDNN
-	Tapa Inferior	1004	6	425.70	478.20	DDDD
-	Tapa Superior	1001	6	427.60	499.60	GGGG
-	Fondo Cajón	1011	6	344.00	406.00	NNNN
-	Fondo Cajón	1017	6	344.00	431.00	NNNN
-	Respaldo	1005	6	462.00	389.00	NNNN

Fuente : Adaptado del área de diseño de la empresa

Todas las piezas deben ser acomodadas en un coche de 1.50 x 0.60 m, medidas manejadas en la empresa para todos los coches del área.

En la figura 23, se muestra la forma como debe apilarse las piezas identificando las piezas con canto delgado, las piezas con canto grueso y las piezas sin canto. Además, en la distribución se toma en cuenta el orden de las piezas en los planos de corte y el color de melamine.

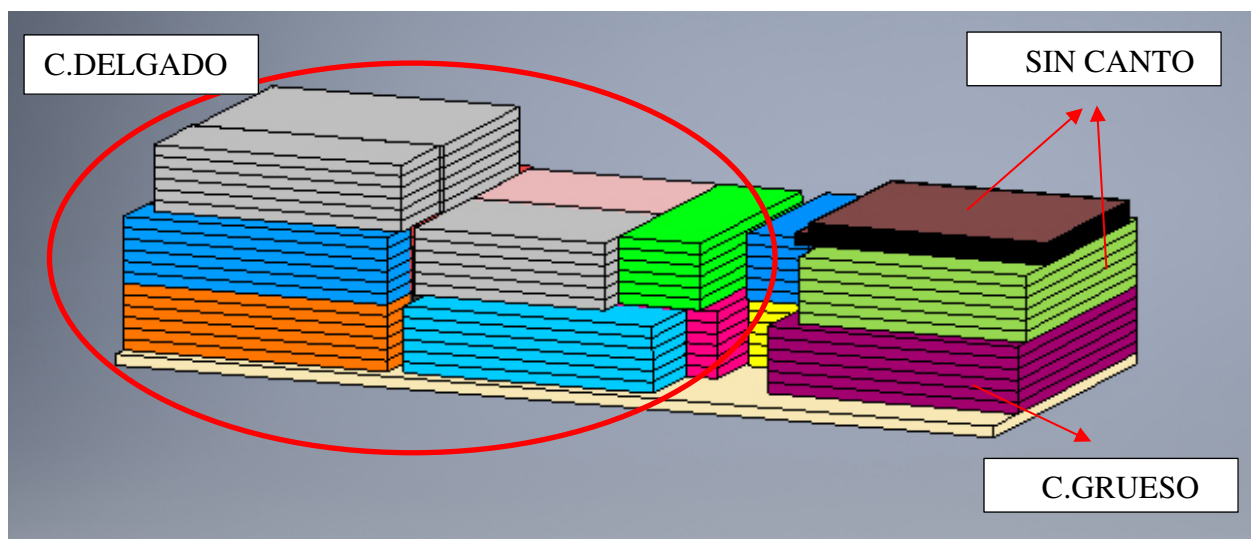


Figura 23. Orden de piezas según tipo de canto

Fuente: Elaboración propia

Para mayor detalle, revisar anexo 7.

Esta distribución permitirá que el operario de canto no invierta tiempo identificando las piezas a trabajar y pueda aumentar su disponibilidad. Es importante resaltar que la actividad de acomodo del área de canto solo registra un tiempo de 6.80 min por día. Sin embargo, el operador suele aprovechar las paradas de calentamiento de cola para el acomodo de piezas, entonces, realmente el operario destina mucho más tiempo que no está registrado.

Además, se tomará una medida para que el calentamiento de cola no afecte la disponibilidad del área, por ello la actividad de orden de material previo debe eliminarse del proceso de canto.

En el área de armado, como se resaltó con anterioridad, el principal problema es la espera por las piezas que componen un producto. Sin embargo, con la reducción del lote y la priorización por producto este desperdicio quedaría eliminado.

Otro punto observado de esta área es la falta de un estándar de trabajo, en el área hay 3 operarios que no tienen sus funciones definidas y prácticamente se trabaja todos contra todos. Por ello, se propone una distribución de operaciones del armado de cajonera.

Inicialmente se evaluará el ritmo en el cual las áreas anteriores entregan un lote de cajoneras, para poder definir cantidad necesaria de operarios. Para ello se calcula los tiempo de corte, canteado y perforado necesario para un lote de 6 cajoneras.

Teniendo en cuenta las mejoras descritas anteriormente se calcula el tiempo para las áreas mencionadas:

Tabla 14
Tiempos por lote de cajonera

PROCESO	Tprom(seg)	# piezas x lote	Cantidad	Total(min)	Cambio de Canto	Total(min)
CORTE	0.77	17	6	78.1		78.1
CANTO	0.71	17	6	72.3	2.5	74.8
CNC	0.85	17	6	86.3		86.3

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se deduce que como máximo las líneas anteriores abastecerían al área de armado con 6 cajoneras cada 86.3 min (14.3 min/ cajonera).

A continuación se muestra las actividades que contienen el proceso de armado:

Tabla 15
Actividades del proceso de armado de cajonera

N°	Actividad	Tiempo (seg)
1	Habilitado Parte Trasera de cajonera	58.37
2	Habilitado Lateral Izquierdo cajonera	78.93
3	Habilitado Lateral Derecho cajonera	212.71
4	Habilitado Tapa de Cajonera	42.94
5	Armado de Casco	224.73
6	Armado de Cajón Grande	161.06
7	Colocación de Rieles en Cajón Grande	71.28
8	Colocación de agarradera en Frente de Cajón Grande	54.86
9	Colocación de Frente de Cajón Grande	167.38
10	Armado de Cajón Chico	114.22
11	Colocación de Rieles en Cajón Chico	37.62
12	Colocación de agarradera en Frente de Cajón Chico	63.72
13	Colocación de Frente de Cajón Chico	172.25
14	Colocación de Chapa de Cajonera	130.02
15	Colocación de Ruedas de Cajonera	96.31
Total		1686.4

Fuente: La empresa

Se agrupa las actividades secuenciales y similares.

Tabla 16
Actividades agrupadas del proceso de armado.

Actividad	Agrupación	Actividad	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
A	1,2,3,4,8,12	Habilitado + Agarradera	511.53	8.53
B	5	Armado de Casco	224.73	3.75
C	6,10	Armado de Cajones	275.28	4.59
D	7	Colocación de Rieles en Cajón Grande	71.28	1.19
E	11	Colocación de Rieles en Cajón Chico	37.62	0.63
F	9,13	Colocación de Frentes de Cajón	339.63	5.66
G	14	Colocación de Chapa	130.02	2.17
H	15	Colocación de Ruedas	96.31	1.61
Total			1686.4	28.1

Fuente: Elaboración propia

Se elabora el diagrama de red (figura 24) para observar las precedencias de las actividades y poder asignar a los operarios de manera correcta.

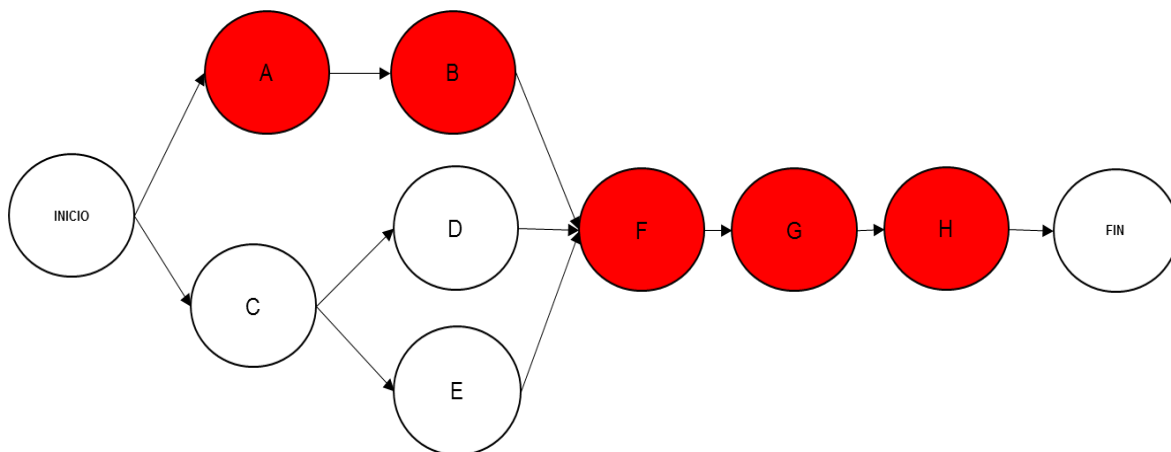


Figura 24. Diagrama de red del proceso de armado.

Fuente: Elaboración propia.

Se calcula la cantidad mínima de estaciones de trabajo para cumplir con el ritmo de producción de las anteriores líneas y evitar generar espera.

$$N_t = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de Ciclo}}$$

$$N_t = \frac{28.1}{14.3}$$

$$N_t = 2$$

Según el resultado la cantidad mínima de estaciones es dos y se busca la mejor distribución de las actividades para trabajar con dos operarios. En la figura 25, se muestra la distribución propuesta en el cual el mayor tiempo de las dos estaciones es de 14.3 min por cajonera.

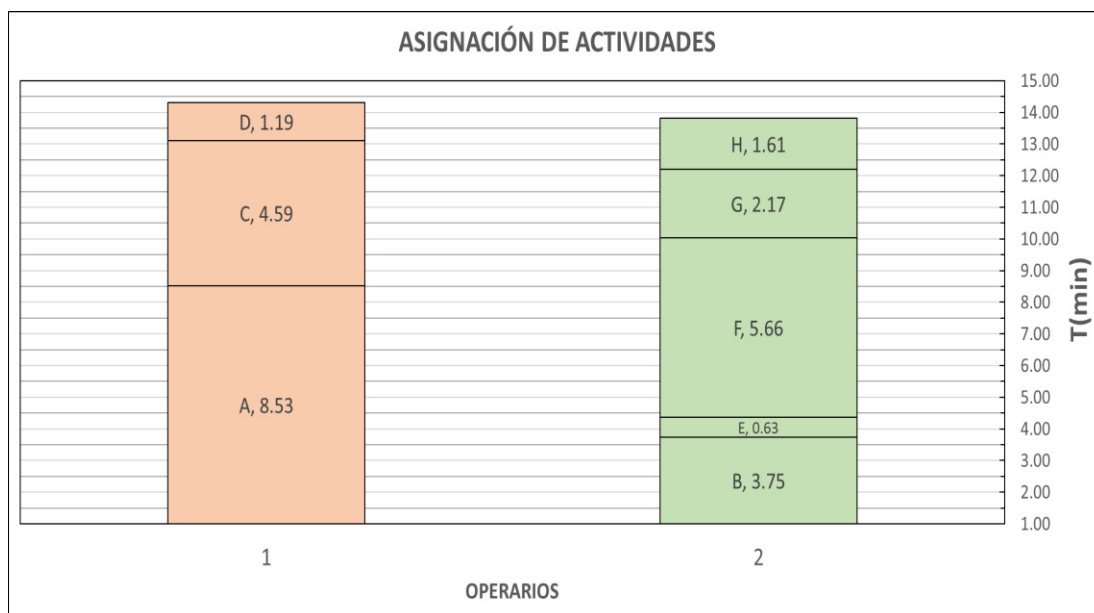


Figura 25. Distribución de actividades de armado de cajonera

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el comportamiento en el tiempo de estas dos estaciones (Figura 26), se puede observar que cada 14.37 min se está produciendo una cajonera.

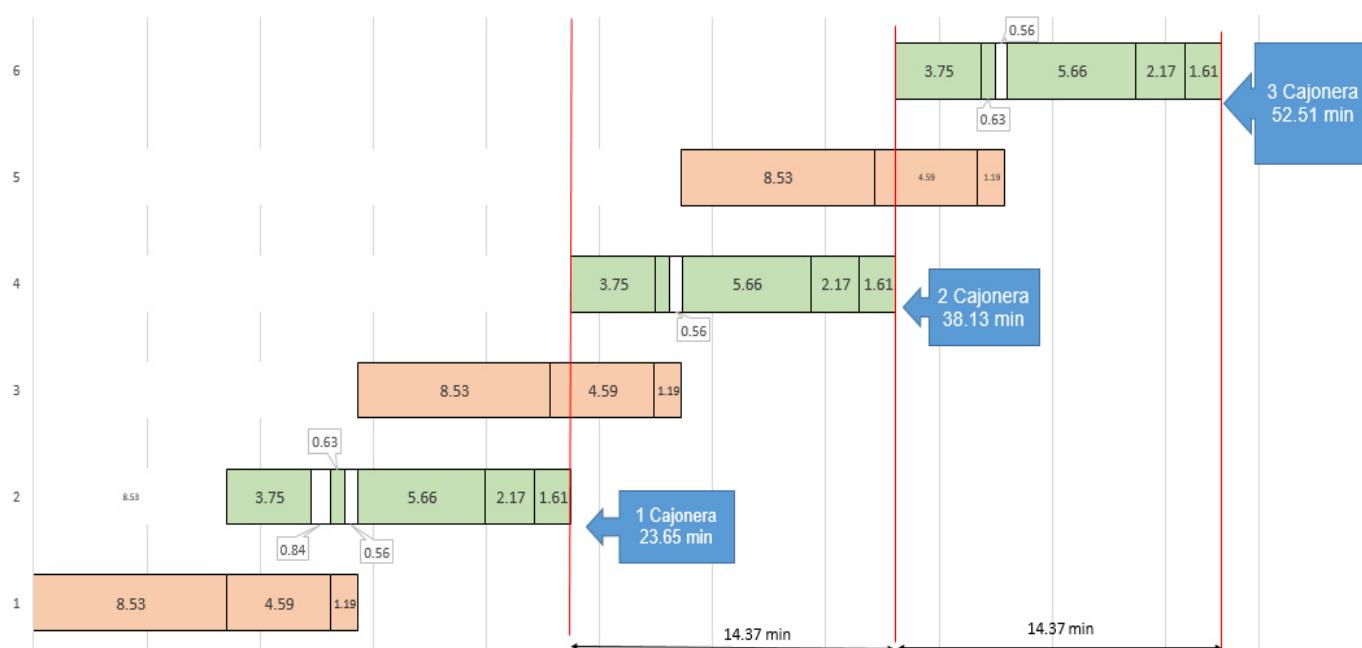


Figura 26. Gantt de armado de cajonera

Fuente: Elaboración propia

Con la distribución propuesta solo se necesita a dos operarios en el área de armado, cabe resaltar que es importante que las piezas del área de CNC sean entregadas a esta área de manera ordenada y para ello se propone una forma de acomodo teniendo en cuenta las estaciones de trabajo.

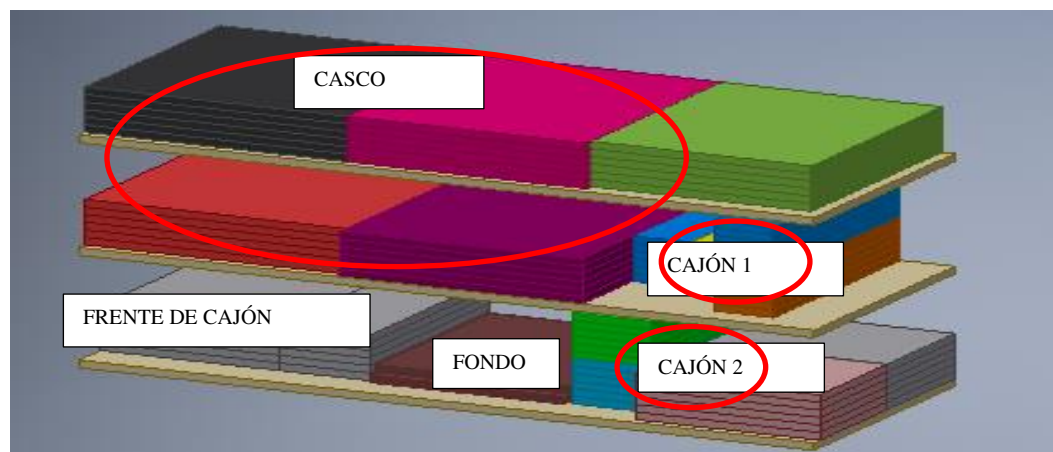


Figura 27. Distribución de piezas de CNC a armado.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se muestra la distribución de piezas según las partes de la cajonera, se propone el uso de un coche (1.30 m x 0.50 de tablero) de 3 niveles, ya que las piezas de diferentes características no debe superponerse para que el operario pueda obtener las piezas fácilmente.

De esta manera se elimina la actividad de separación de piezas que los operarios hacen antes de empezar con el proceso de armado.

Otra herramienta importante que trae Lean Manufacturing es la Matriz de polivalencia, que permite planear y hacer seguimiento de la capacitación de los empleados en distintos áreas. Es importante formar a los operarios con distintas capacidades y conocimientos de distintas máquinas o procesos. Ya que el hacerlo permite tener un salvaguarda cuando algún operario falte o tenga algún inconveniente. Además permite una planta flexible, ya que los operarios pueden cambiar de puesto de trabajo dependiendo de la demanda de los productos.

e) Polivalencia del personal

La matriz de polivalencia es un cuadro de doble entrada, en donde se enlistan los operarios y procesos a evaluar, se puede valorizar en función al nivel de versatilidad de los operarios.

En este caso para desarrollar la matriz se está considerando valores y colores para apreciar el nivel de versatilidad (tabla 17).

Tabla 17

Leyenda de matriz de polivalencia o versatilidad

Versatilidad	Color	Valor	Observación
Versátil	Nivel 1	1.00	Comprende y aplica.
	Nivel 2		Comprende y aplica y lo realiza con la calidad deseada.
	Nivel 3		Comprende y aplica y lo realiza con la calidad deseada y en el tiempo estándar.
	Nivel 4		Es capaz de formar a un compañero
No versátil		0.00	No es capaz de realizar el proceso
En entrenamiento		0.50	En aprendizaje, necesita supervisión y guía para operar.

Nota: Elaboración propia

A continuación, se muestra la matriz de polivalencia actual del área de carpintería.

MATRIZ DE POLIVALENCIA									
PROCESO OPERARIO	CORTE	CANTEADO		PERFORADO	ARMADO	EMBALAJE	ESPECIALES	Total	Versatilidad
		Maquinado	Refilado						
1 Julio	1	0	0	0	0	1	0	2	29%
2 Ronald	0	1	1	0	0	0	0	2	29%
3 Benjamín	1	0.5	1	1	0	0	0.5	4	57%
4 Niceforo	0	0	0	0	1	0	1	2	29%
5 Sergio	0	0	0	0	1	1	0	2	29%
6 Gladys	0	0	0	0	1	1	0	2	29%
7 Milagros	0	0	0	0	0	1	0	1	14%
8 Joel	0	0	0	0	0	1	0	1	14%
9 Daniel	0	0	0	0	0	1	0.5	1.5	21%
10 Brian	0	0	1	0	0	0	1	2	29%
Total	2	1.5	3	1	3	6	3		
Versatilidad	20%	15%	30%	10%	30%	60%	30%		

Figura 28. Matriz de polivalencia actual

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar (figura 28), que el proceso de perforado obtuvo un valor de 10.0% de un total de 10 operarios, este resultado indica un riesgo debido a que si el operario faltará por cualquier percance que pudiera ocurrir, no habría quien ocupe su lugar. A si mismo, los operarios 7 y 8, en el caso de que la carga laboral en su área baje por la variable demanda, es difícil reasignar actividades para ellos.

La demanda de los productos en la empresa es muy variada, existe la posibilidad en el que ingrese solo productos como tableros, en esta situación los operarios de armado no tendrían que trabajar, sin embargo, la carga de trabajo pasaría al área de limpieza y embalaje. Entonces, formar a los operarios permite que ellos puedan desenvolverse en otras áreas y evitar cuellos de botella.

A continuación, se muestra la matriz de polivalencia objetivo.

MATRIZ DE POLIVALENCIA										
OPERARIO	PROCE	CORTE	CANTEADO		PERFORADO	ARMADO	EMBALAJE	ESPECIALES	Total	Versatilidad
			Maquinado	Refilado						
1	Julio	1	0	0	0.5	0	1	0	2.5	36%
2	Ronald	0	1	1	1	0	1	0	4	57%
3	Benjamín	1	1	1	1	0	0	1	5	71%
4	Sergio	0	0	0	0	1	1	0.5	2.5	36%
5	Milagros	0	0	0	0	0.5	1	0	1.5	21%
6	Joel	0.5	0	0	0	1	1	0	2.5	36%
7	Daniel	0	0	0	0	0	1	1	2	29%
8	Brian	0	0.5	1	0	0	0	1	2.5	36%
Total		2.5	2.5	3	2.5	2.5	6	3.5		
Versatilidad		31%	25%	30%	25%	25%	60%	35%		

Figura 29. Matriz de polivalencia objetivo

Fuente: Elaboración propia

De esta forma se busca tener un operario master en cada proceso, un operario que pueda realizar el proceso con eficiencia y uno que este en entrenamiento.

Además, se toma en cuenta que para el proceso de limpieza de cajonera solo es necesario 1 operario, y en el caso de tableros es necesario 3 operarios. Sin embargo, cuando hay alta demanda

de tableros los operarios de armado no realizan actividad alguna. En este caso, teniendo operarios polivalentes, estos pasarían a la línea de limpieza completando así el personal requerido.

5.5. Presentación de la propuesta

A continuación, se resume las medidas y acciones que se desarrollaron para el área de carpintería.

- ✓ Optimización de planos priorizado por producto.
- ✓ Disminución de lote de producción: Se propone trabajar con un lote de 6 cajoneras para la disminución de inventario y eliminación de esperas en los procesos siguientes.
- ✓ Aumento de la disponibilidad del área de canteado a través de:
 - Aplicación de SMED para el cambio de canto.
 - Encendido de máquina para el calentamiento de cola medio hora antes de la jornada laboral, labor asignada al supervisor.
 - Acomodo de piezas según tipo de canto, realizado por el operario de corte.
 - Entrega de material programado de parte del área de almacén, con la utilización de control visual para el cumplimiento oportuno de esta.
- ✓ Estandarización de procesos:
 - Forma de acomodo definida para el área de corte, teniendo en cuenta el orden de las piezas en los planos de corte.
 - Forma de acomodo definida para la entrega de piezas del área de perforado al área de armado.

- Balanceo de actividades del área de armado, considerando el ritmo de entrega de piezas de las líneas anteriores.
- ✓ Utilización de la matriz de polivalencia para aumento de flexibilidad de la planta.
- ✓ Se plantea también, el cambio del medio de transporte del área de corte y perforado (figuras 23 y 27, respectivamente).

La utilización de las herramientas Lean permite la disminución de desperdicios, aumentando la disponibilidad de la planta, que se traduce en mayor productividad.

5.6. Desarrollo del VSM futuro

Para el desarrollo del VSM futuro se recalcula el takt time considerando las medidas propuestas en el apartado anterior.

La jornada de trabajo es de 8 horas diarias a un solo turno, y destinan 20.0 min diarios para la limpieza general de todas las áreas (10.0 minutos al inicio y 10.0 al final de la jornada).

A continuación, se calcula el Takt Time;

$\text{Takt Time} = \text{Tiempo disponible} / \text{demanda}$

$\text{Takt Time} = \text{segundos de trabajo diario disponible} \times \text{días trabajados al mes} / \text{demanda mensual}$

$\text{Takt Time} = (8 \times 3\,600 - 20 \times 60) \times 26 / 6\,349 \text{ seg/pieza}$

$\text{Takt Time} = 113 \text{ seg/pieza}$

El tiempo de ciclo de cada proceso fue calculado por pieza y se mantiene constante, las disponibilidades de los procesos han variado gracias a las mejoras planteadas (tabla 18).

Para el cálculo de las nuevas disponibilidades, se toma de base las anteriores y se suma los tiempos recuperados.

❖ Para corte:

Disponibilidad meta = disponibilidad actual + tiempo limpieza

Disponibilidad meta = 24 124 seg + 10* 60 seg

Disponibilidad meta = 24 724 seg

❖ Para canto:

Disponibilidad meta = disponibilidad actual + tiempo limpieza + tiempo de cambio de calderín
+ tiempo de habilitado de material + tiempo por falta de material – tiempo agregado de cambio
de canto por reducción de lote.

Para el cambio de canto se considera 6 cambios de canto diario debido que en un día se podría
producir hasta 6 lotes.

Disponibilidad meta = 22 900 seg + (10.0 + 30.0 + 2.90 + 6.80) * 60.0 – 6*2.5*60 seg

Disponibilidad meta = 24 932 seg

❖ Para CNC:

Disponibilidad meta = disponibilidad actual + tiempo limpieza

Disponibilidad meta = 24 806 seg + 10.0 * 60 seg

Disponibilidad meta = 25 406 seg

❖ Para armado y embalaje:

Disponibilidad meta = disponibilidad actual + tiempo limpieza

Disponibilidad meta = 27 000 seg + 10.0 * 60 seg

Disponibilidad meta = 27 600 seg

Tabla 18
Disponibilidad de procesos

Proceso	Disponibilidad actual (seg)	Disponibilidad meta(seg)
Corte	24 124	24 724
Canto	22 900	24 982
CNC	24 806	25 406
Armado y Embalaje	27 000	27 600

Fuente: Elaboración propia

Además, se agrupa los procesos de armado y limpieza-embalaje para lograr una sincronía, obteniendo un takt de 15.0 min por cajonera en la célula de trabajo, conformado por 3 operarios. (Figura 30).

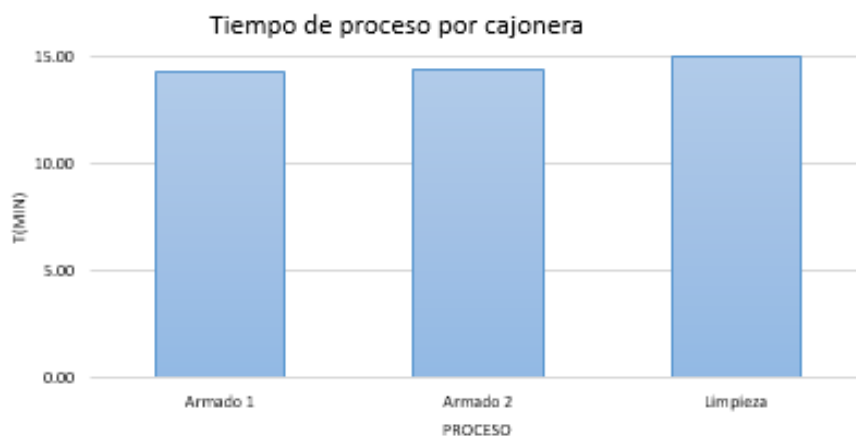


Figura 30. Tiempo de procesos por cajonera

Fuente: Elaboración propia

En base a las nuevas disponibilidades de cada área se calcula los leads time de cada proceso para el escenario futuro.

❖ Para corte:

Lead time = (tiempo de ciclo* # de piezas por lote / disponibilidad diaria)

Lead time = (45.9 seg * 102 / 24 724 seg/ día)

Lead time = 0.19 días.

❖ Para canto:

Lead time = (42.5 seg * 102 / 24 932 seg/ día)

Lead time = 0.17 días

❖ Para CNC:

Lead time = (50.8 seg * 102 / 25 406 seg/ día)

Lead time = 0.20 días

❖ Para armado y embalaje:

Lead time = (52.9seg * 102 / 27 600 seg/ día)

Lead time = 0.20 días

Según los datos obtenidos el nuevo lead time para la producción de un lote 102 piezas (6 cajoneras) es la suma de los leads time de todos los procesos resultando 0.76 días.

A continuación se muestra el VSM futuro con los datos calculados.

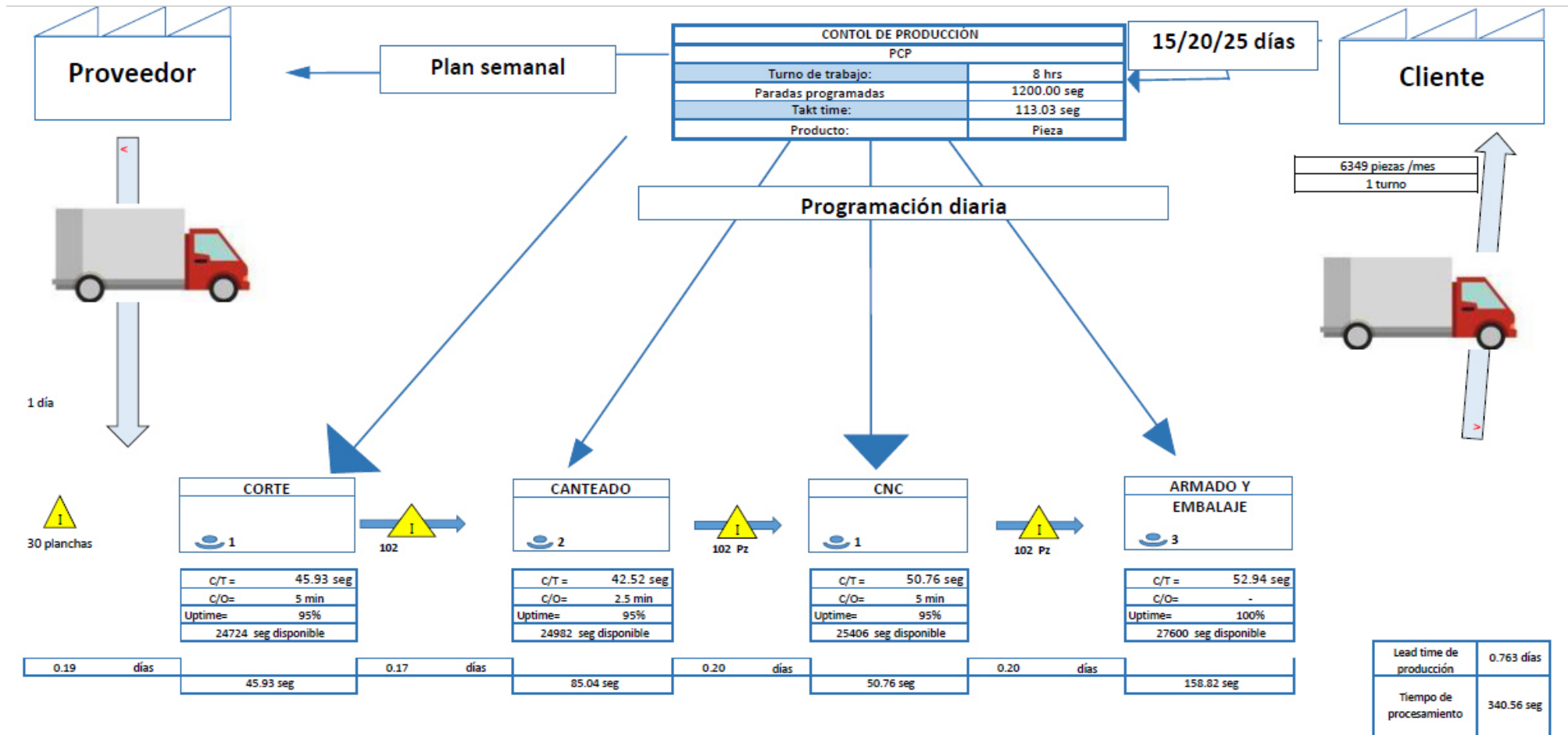


Figura 31. VSM futuro del área de carpintería

Fuente: Elaboración propia

5.7. Presentación de resultados

A través de la utilización de herramientas Lean se lograría la mejora de la disponibilidad de los procesos como se muestra en la tabla 19 con el aumento en porcentaje en base a la disponibilidad inicial.

Tabla 19

Aumento de disponibilidad de los procesos del área de carpintería

Proceso	Disponibilidad actual (seg)	Disponibilidad meta(seg)	Δ Variación Disponibilidad
Corte	24124	24724	2.49%
Canto	22900	24982	9.09%
CNC	24806	25406	2.42%
Armado y Embalaje	27000	27600	2.22%

Fuente: Elaboración propia

También se lograría la reducción del inventario diario en proceso que variaría de 643 piezas, según data de la empresa, a 204 piezas (tabla 20); generando una reducción de inventario promedio en proceso del 68.3 % ($1 - \text{IIP final} / \text{IIP inicial}$).

Tabla 20

Cálculo del inventario promedio en proceso

PROCESO	Total(min) X lote	Disponibilidad	Capacidad cajoneras diarias	Lotes terminados en el día	Lotes en proceso	piezas /Lote	IIP (piezas)
CORTE	78.1	24724	5.28	5	1	102	102
CANTO	72.3	24982	5.76	5	0		0
CNC	86.3	25406	4.91	4	1		102
ARMADO Y EMB	90.0	27600	5.11	4	0		0
						Total	204

Fuente: Elaboración propia

Del VSM futuro (figura 31) se calcula los indicadores de productividad; asumiendo que en un periodo de tiempo solo se trabaje cajoneras, las 102 piezas trabajadas formarían 6 cajoneras, ya que cada cajonera cuenta con 17 piezas (figura 32).

N°	Componente	Código	Piezas
1	Vi_Frente_Cajon	1006	1
2	Vi_Frente_Cajon	1012	1
3	Costado Cajón	1007	1
4	Costado Cajón	1008	1
5	Costado Cajón	1009	1
6	Costado Cajón	1010	1
7	Costado Cajón	1013	1
8	Costado Cajón	1014	1
9	Costado Cajón	1015	1
10	Costado Cajón	1016	1
11	Lateral Derecha	1002	1
12	Lateral Izquierdo	1003	1
13	Tapa Inferior	1004	1
14	Tapa Superior	1001	1
15	Fondo Cajón	1011	1
16	Fondo Cajón	1017	1
17	Respaldo	1005	1
total:			17

Figura 32. Lista de piezas de cajonera

Fuente: Área de diseño de la empresa en estudio.

El lead time de producción de un lote de 6 cajoneras es de 0.76 días de trabajo (figura 31).

En las tablas 21 y 22 se muestra el cálculo del valor de MOD y el valor de venta, respectivamente.

Tabla 21

Cálculo del valor de Mano de obra

Operario	Área	Costo/día	T(días)	Costo MO(S/.)
Operario 1	Corte	47.6	0.19	9.04
Operario 2	Cantado	92.1	0.17	15.7
Operario 3	Cantado	47.6	0.17	8.09
Operario 4	CNC	92.1	0.20	18.4
Operario 6	Armado	133	0.20	26.6
Operario 7	Armado	54.6	0.20	10.9
Operario 8	Lim y Emb	47.6	0.20	9.52
MOD TOTAL				98.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Cálculo del Valor de Venta

Producto	Cantidad	Valor Venta(S/)	Venta Total(S/)
Cajonera	6	424.00	2 544.00

Fuente: Elaboración propia

El valor resultante para el PMO es:

$$\text{PMO} = S/ 2544 / S/ 98.3$$

$$\text{PMO} = 25.9$$

Se observa (figura 31) que el mayor Lead time obtenido en el VSM futuro es de 0.20 días, correspondiente al proceso de perforado o CNC. Este marcaría el ritmo de la producción si se produjera solo cajoneras, esperando una productividad mensual máxima de:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = 26 / 0.20 \times 6 = 780 \text{ cajoneras/ mes}$$

Se muestra el comparativo (tabla 23) de los indicadores iniciales y los obtenidos a raíz de la propuesta.

Tabla 23
Indicadores de productividad inicial Vs la esperada

INDICADOR	Inicial	Futuro
PMO	17.0	25.9
ÍNDICE PMO	6.00%	3.86%
LEAD TIME	5 .40 días / 17 cajoneras	0.76 días / 6 cajoneras
PRODUCTIVIDAD MENSUAL	271 cajoneras	780 cajoneras

Fuente: Elaboración propia

Para la variación de los indicadores se calcula:

$$\Delta \% \text{ PMO} = (\text{PMO final} - \text{PMO inicial}) / \text{PMO inicial}$$

$$\Delta \% \text{ PMO} = (25.9 - 17.0) / 17.0$$

$$\Delta \% \text{ PMO} = 52.4 \%$$

$$\Delta \% \text{ ÍNDICE PMO} = (\text{Índice PMO final} - \text{Índice PMO inicial}) / \text{Índice PMO inicial}$$

$$\Delta \% \text{ ÍNDICE PMO} = (3.85\% - 6.00\%) / 6.00\%$$

$$\Delta \% \text{ ÍNDICE PMO} = - 35.8 \%$$

5.8. Contrastación de hipótesis

5.8.1. Hipótesis general de la investigación

Ho: La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing no incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

Ha: La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

Teniendo en cuenta, los resultados obtenidos gracias a la utilización de herramientas Lean que permite el aumento de la disponibilidad de los procesos estudiados y la reducción del 68.3 % del inventario en proceso del área de carpintería. Y a la vez el incremento de la eficiencia en

52.4% y la reducción del lead time de 5.40 a 0.76 días, que supone el incremento de la eficacia en el cumplimiento a los clientes, se comprueba que la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria. Por lo que se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la hipótesis alterna.

5.8.2. Hipótesis Específica 1.

H_0 : La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing no incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

H_a : La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

El indicador de PMO (eficiencia de mano de obra) aumentó en un 52.4 %, es decir, los costos de mano de obra respecto a los ingresos disminuyeron en un 35.8 %, lo que indica la utilización eficiente del recurso.

Los resultados se muestran favorables. Por lo que se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la hipótesis alterna, entonces la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

5.8.3. Hipótesis Específica 2.

H_0 : La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing no aumenta de manera significativa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

H_a : La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta de manera significativa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

El lead time de producción disminuyó significativamente, a menos de un día (0.76 días), generando así una mayor flexibilidad del área. Esto permite dar plazos más cortos a los clientes y cumplir con estos, reflejando la eficacia de la empresa. Por lo que se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la hipótesis alterna, entonces:

La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta de manera significativa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

5.9. Discusión de los resultados

El indicador que mide la eficiencia de utilización de mano de obra aumentó (52.4%), debido a la eliminación de desperdicios con la utilización de Flujo continuo, control visual, estandarización de procesos, SMED y la matriz de polivalencia en los procesos según identificación del principal problema, permitiendo a su vez la reducción del lead time de producción (85%).

A partir de los resultados, se establece que la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Salinas (2018) que plantea una propuesta a través de la utilización de Estudio de Tiempos, Balance de Línea, Herramientas básicas de Manufactura Esbelta (Jidoka – Poka Yoke y Kanban) y Gestión Ambiental para el aumento de la rentabilidad de la Planta El Ferrol S.A.C, ya que la rentabilidad de un determinado negocio o producto aumenta cuando se produce una mejora en la productividad de sus factores o del capital invertido y Bermejo (2019) que concluyó que las herramientas en su conjunto permitieron el aumento de la productividad en un 20%.

VI. CONCLUSIONES

1. La utilización de las herramientas de Lean Manufacturing permite el aumento de la disponibilidad de los procesos estudiados, la reducción del 68.3 % del inventario en proceso y la eliminación de las esperas que permite la mejora de la productividad. Es decir, la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria CIIU 3610.
2. La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria, ya que el indicador de PMO (eficiencia de mano de obra) aumentó en un 52.4 %.
3. La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria, al lograr un lead time de 0.76 días, que representa una reducción del 85%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para emprender una mejora de procesos en una empresa se debe analizar los procesos productivos en su conjunto, empezando por los procesos críticos y fomentar la participación activa de todo el personal involucrado, permitiendo adecuaciones y mejoras en la propuesta.
2. Comunicar los resultados esperados de los colaboradores para plantearles objetivos por orden de trabajo e implementar un sistema de recompensas para premiar la participación y polivalencia de los colaboradores.
3. A pesar de que hoy en día, existe muchas opciones tecnológicas para la mejora de procesos, es importante empezar con opciones que no involucren altas inversiones, sino que comprometan al personal en la búsqueda de nuevas formas de reducción de los tiempos de producción y entrega de productos terminados.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, A., y Cachay, O. (2010). *Gestión de Operaciones y Cadena de Suministro*. Lima, Perú: UNMSM.

Alfaro, Y. (2014). *Nociones de productividad*. Recuperado de <https://yesseralfaro.files.wordpress.com/2014/02/nociones-de-productividad1.pdf>

Bacilio, L., Cruz, C., Quea, V., Lizárraga, M., y Guerra, O. (2018). *Buenas Prácticas en Gestión de Manufactura Utilizando la Metodología* (tesis de maestría). CENTRUM GRADUATE BUSINESS SCHOOL. Lima. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12660/QUEA_BACILIO_PRACTICAS_MANUFACTURA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bermejo, J. (2019). *Lean manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10588/Bermejo_dj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Centro Europeo de Postgrado (CEUPE). (18 de marzo de 2020). *El Blog Ceupe*. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/la-importancia-del-factor-humano-en-el-sistema-lean.html>

¿Conoces los 7 tipos de derroche que existen en la producción? (17 de marzo de 2020). *Perfiles y Transportadores Solutions*. Recuperado de <https://perfilesbosch.com.mx/7-tipos-de-derroche/#>

Cuatrecasas, L. (2017). *Ingeniería de Procesos y de Planta*. Barcelona: Profit Editorial I.

- Da Silva, B. (2017). *Aumento de produtividade e capacidade da linha de produção de condicionadores de ar: aplicação do conceito Lean Manufacturing para mudanças do layout e balanceamento* (tesis de maestría). Universidade Federal do Para, Belém PA, Brasil. Recuperado de <http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2017-PPGEP-MP-StarleyBrunodaSilva%20Barbosa.pdf>
- Figueredo, F. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. *Ingeniería Industrial. Actualidades y nuevas tendencias*, 4 (15). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215047546002>
- Galindo, Mariana, y Ríos, V. (Agosto de 2015). Productividad. *México ¿Cómo vamos?*. 1, 1-9. Recuperado de <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-es-la-productividad>
- Gemba Academy. (23 de marzo de 2020). *Introducción a cambio rápido*. Recuperado de <https://gemba-resource.s3.amazonaws.com/lean/qco-es/01-introduccion-a-cambio-rapido.pdf>
- Geraldo, G., e Gonzaga, L. (29 junio del 2016). Método de Implantação da Manufatura Enxuta aplicado à cadeia de fornecimento. *Tecnologías para Competitividade Industrial, Florianópolis*. 9 (1), 56. Recuperado de https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000100003
- Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. Mexico: Pearson.
- Hernández, M., y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

- Lopes de Sousa, A., Alves, A., De Souza, W., e Chiappetta, C. (2013). *Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil*. São Paulo. DOI: 10.5700/rausp1125
- Lorente, M. (10 de Noviembre de 2016). ¿Qué es el Lead Time y por qué es importante medirlo? .*Canales Sectoriales*. Recuperado de <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/164504-Que-es-el-Lead-Time-y-por-que-es-importante-medirlo.html>
- Madariaga, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Recuperado de <https://libros-lean-manufacturing.blogspot.com/2013/11/libro-lean-manufacturing.html>
- Martinez, R. (15 de Octubre de 2014). Indicadores de control de la gestión de la producción. *SlideShare*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Roxanamms/sesin-4-indicadores-produccion>
- Mejía, C. (Agosto de 2015). Competitividad y estrategia. *Planning Consultores Gerenciales*. Recuperado de <https://www.planning.com.co/publicaciones/archivos-planning>
- Méndez, E. (2013). *Metodología Diseño y Desarrollo de proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. Limusa.
- Ministerio de la Producción (2019). *Estadística del comercio interno*. Recuperado de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/estadistica-oe/estadisticas-comercio-interno>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Orellana, S., Corzo, P., & Soria, L. (2011). Estudios Urbanos. *Observatorio Urbano Desco* .
Recuperado de
http://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Estudios_urbanos/EU_6.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *La industria de la madera en el Perú (2018)*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8335ES/i8335es.pdf>
- Rajadell, M., y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing, La evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to See*. Massachusetts: Lean Enterprise Institute.
- Salinas, M. (2018). *Propuesta de estandarización de procesos y mejora de métodos en la producción de conservas de pescado para incrementar la rentabilidad de la planta de FERROL SAC* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13230/Salinas%20Díaz%2C%20Mayté%20Anais.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Womack, J., T. Jones, D., Roos, D., y Sammons, D. (1992). *La máquina que cambio el mundo*. MC Graw Hill.

ANEXOS











Anexo 1 Tabla de Capacidad de Proceso

	Ingresar datos en estas celdas de forma manual
	Estas celdas serán llenadas de forma automática

Tabla de Capacidad de Proceso										
Nombre del Proceso			Número de Parte			Demanda del Cliente			Preparado por:	
						Tiempo Neto de Operación en segundos (I)			Fecha:	
			Tiempo Básico en segundos			Tiempo de Cambio de Herramienta en segundos			Total en Segundos	
#	Nombre de Operación	Nombre de Máquina	Tiempo Manual A	Tiempo Automático B	CT de Máquina C = A+B	Tiempo de Cambio D	Pzs por Cambio E	Tiempo por Pieza F = D/E	Tiempo Total por Pieza G = C+F	Capacidad de Proceso H = I / G
1					0					
2					0					
3					0					
4					0					
5					0					
6					0					
7					0					
8					0					
9					0					
10					0					
11					0					
12					0					
13					0					
14					0					
15					0					

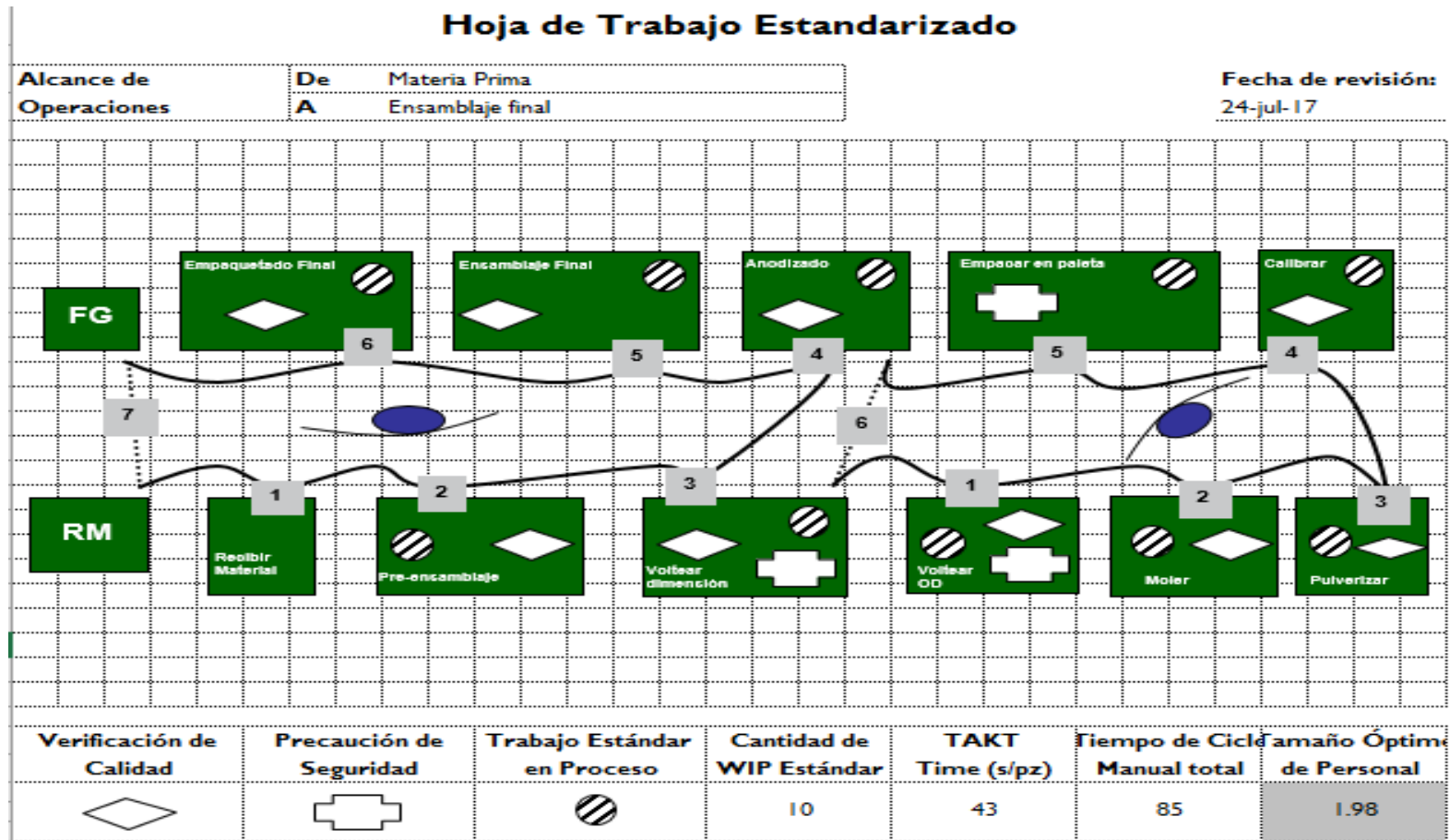
Fuente: Gemba Academy, (2020)

Anexo 2 Hoja de Combinación de Trabajo Estándar

Hoja de Combinación de Trabajo Estándar									
Nombre del Proceso		Número de Parte		Demanda del Cliente		Takt Time en segundos		 Caminando	
Maquinado de acero		I-12345		625		43		 Manual	
Preparado por				Tiempo Neto de Operación en		Fecha		 Automático	
C. Nelson				27,000		24-jul-17		 Esperando	
Secuencia de Trabajo		Tiempo Básico			Tiempo de Operación (Segundos)				
	Operación	Manual	Auto	Caminando	10	20	30	40	50
1	Recoger material	2		2					
2	Voltear dimensión	8	28	1					
3	Moler	4	27	1					
4	Pulverizar	7	25	2					
5	Calibrar	7		1					
6	Empaquetar	2		2					
		30		9					
	Sum TC Manual	39							




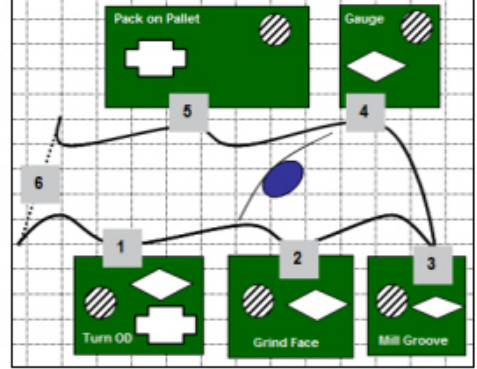
Fuente: Gemba Academy, (2020)

Anexo 3 Hoja de Trabajo Estandarizado



Fuente: Gemba Academy, (2020)

Anexo 4 Hoja de Instrucción de Trabajo Estandarizado

Hoja de Instrucción de Trabajo Estandarizado									
Nombre del Proceso		Número de Parte		Demanda del Cliente		Takt Time (segundos por pieza)		Preparado por	
Maquinado de acero pequeño		I-12345		625		43		C. Nelson	
				Tiempo Neto de Operación en segundo		Trabajo Estándar en Proceso		Fecha	
				27,000		5		24-jul-17	
Núm.	Descripción del Trabajo	Calidad		Puntos Clave - Hacer, no hacer - Seguridad - Razón	Tiempo		SWIP =  Seguridad =  Calidad = 		
		Verificar	Medir		Minutos	Segundos			
1	Recoger material			Verificar número de parte y escanear código		4			
2	Voltear dimensión	Visual		No guantes al operar torno		9			
3	Moler	Visual		Usar alineador		5			
4	Pulverizar	Visual		verificar el vestidor cada mañana		9			
5	Calibrar		Calibrar			8			
6	Empaquetar			Doblar las rodillas al levantar		4			
					Tiempo de Ciclo Manual total		39		

Fuente: Gemba Academy, (2020)

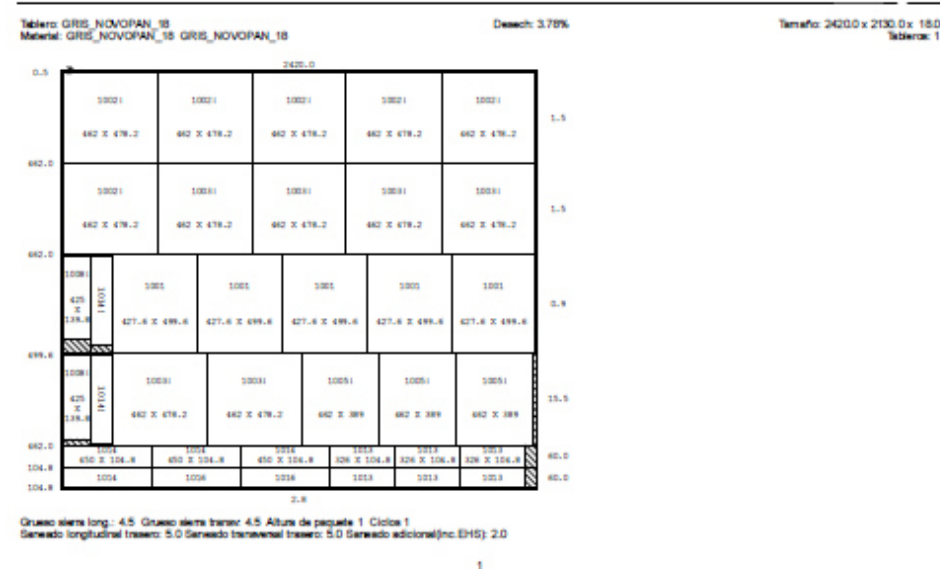
Anexo 5 Data días de inventario por Orden de Trabajo

OT	PROCES	PROCESO	AREA	FECHA FIN LOTE PROCE1	FECHA FIN LOTE PROCE2	DÍAS	Etiquetas de fila		Promedio de DÍAS
1635	CORTE	CANTEADO	A	08/01/2020	09/01/2020	1	A		1.6
1635	CANTEADO	CNC	B	09/01/2020	09/01/2020	0	B		0.4
1635	CNC	ARMADO	C	09/01/2020	11/01/2020	2	C		1.7
1635	ARMADO	LIMPIEZA	F	11/01/2020	11/01/2020	0	D		2.3
1635	CNC	LIMPIEZA	D	09/01/2020	10/01/2020	1	E		3.6
1638	CORTE	CANTEADO	A	08/01/2020	08/01/2020	0	F		1.2
1638	CANTEADO	CNC	B	08/01/2020	09/01/2020	1	Total general		
1638	CNC	ARMADO	C	09/01/2020	10/01/2020	1			
1638	ARMADO	LIMPIEZA	F	10/01/2020	10/01/2020	0			
1638	CNC	LIMPIEZA	D	09/01/2020	10/01/2020	1			
1655	CORTE	CANTEADO	A	08/01/2020	09/01/2020	1			
1655	CANTEADO	CNC	B	09/01/2020	09/01/2020	0			
1655	CNC	ARMADO	C	10/01/2020	14/01/2020	4			
1655	ARMADO	LIMPIEZA	F	14/01/2020	14/01/2020	0			
1655	CNC	LIMPIEZA	D	10/01/2020	11/01/2020	1			
1639	CORTE	CANTEADO	A	09/01/2020	11/01/2020	2			
1639	CANTEADO	CNC	B	11/01/2020	11/01/2020	0			
1639	CNC	ARMADO	C	11/01/2020	14/01/2020	3			
1639	ARMADO	LIMPIEZA	F	14/01/2020	15/01/2020	1			
1639	CNC	LIMPIEZA	D	11/01/2020	15/01/2020	4			

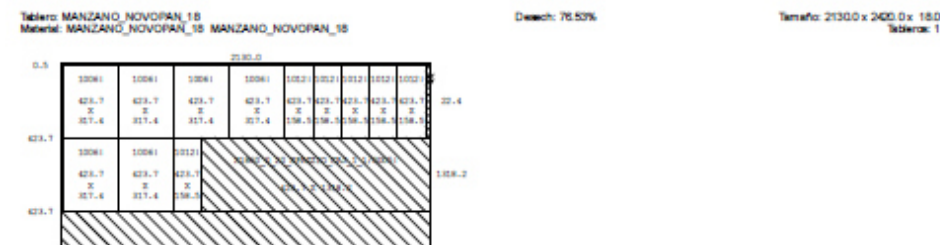
Fuente: Datos de la empresa

Anexo 6 Planos de corte de cajonera

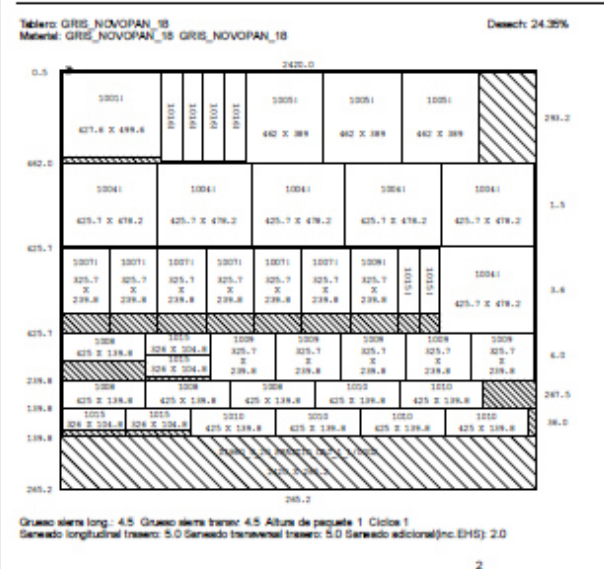
Plano 1 de 4



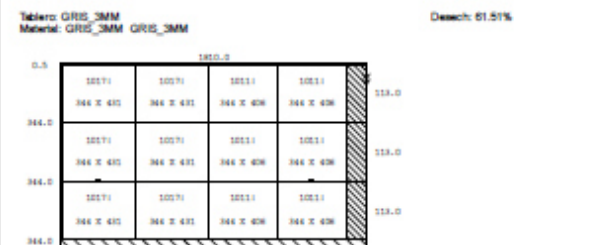
Plano 3 de 4



Plano 2 de 4

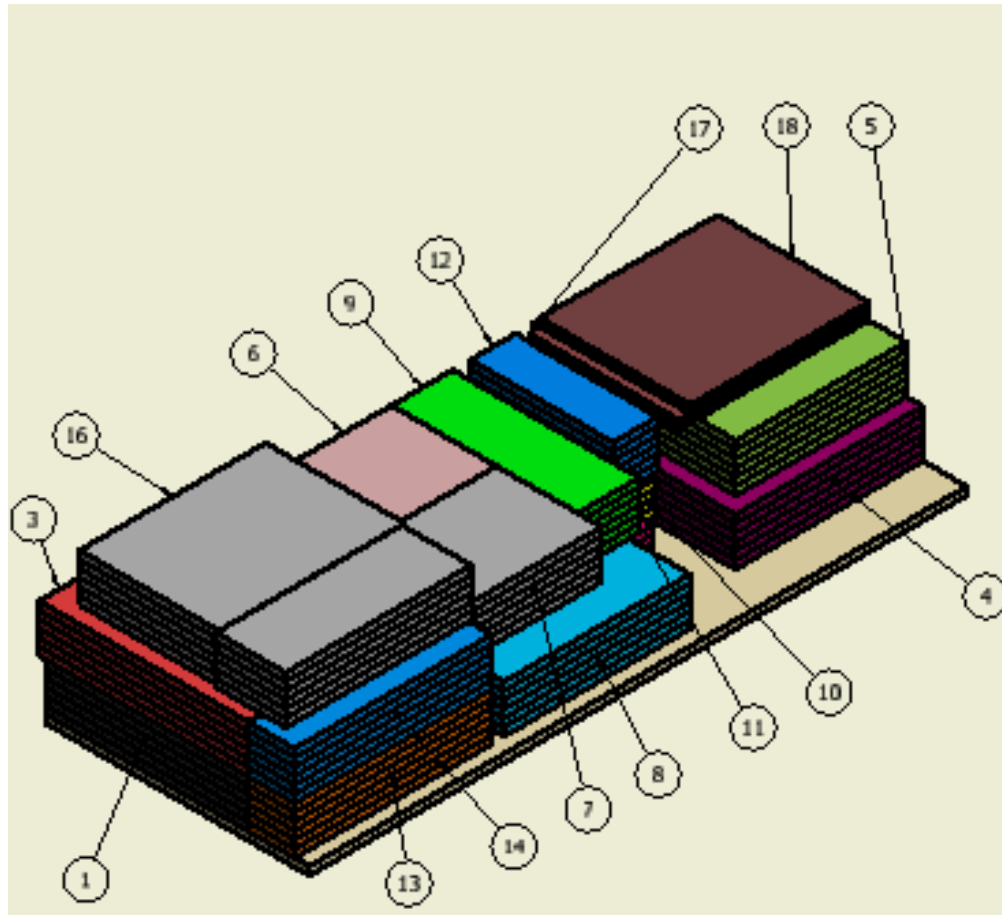


Plano 4 de 4



Fuente: La Empresa

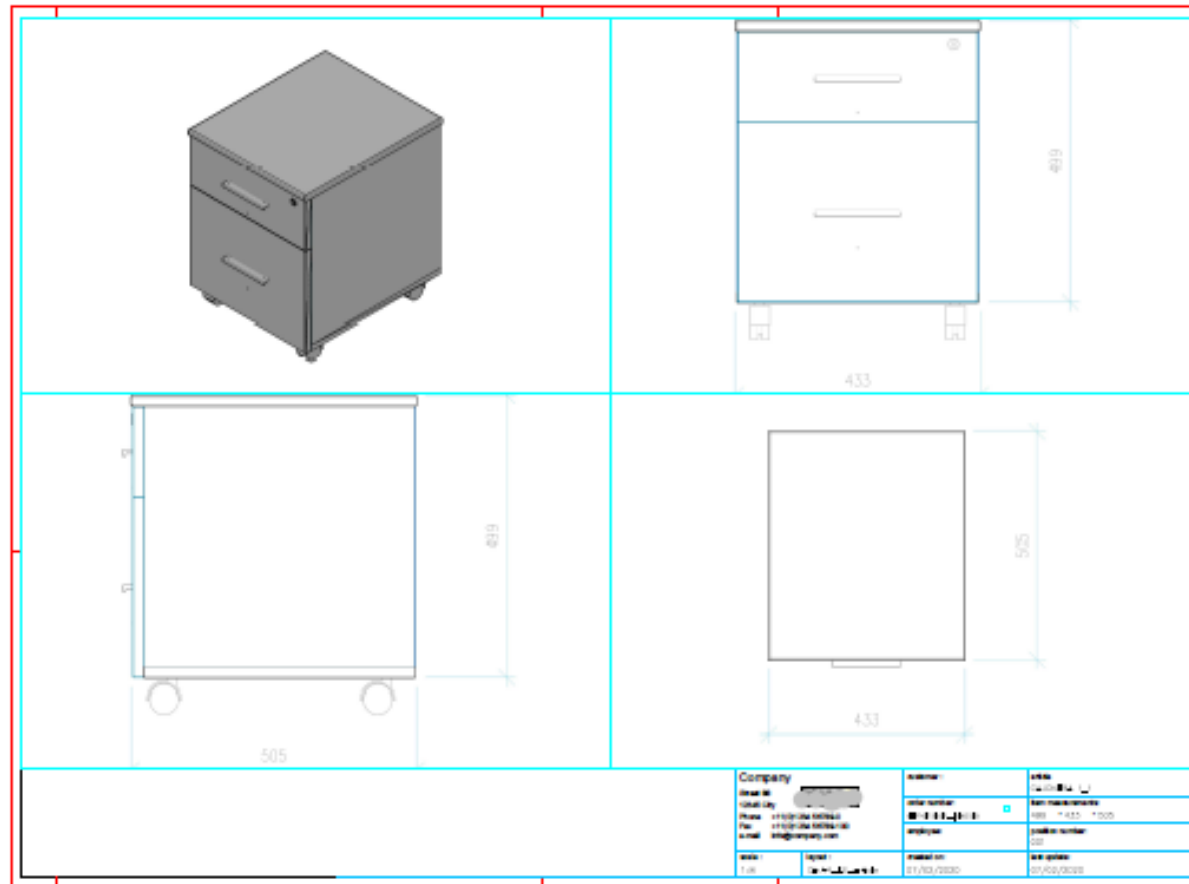
Anexo 7 Distribución de piezas según tipo de canto.



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	6	1002	DDNN
2	1	TABLERO	GGGG
3	6	1003	DDNN
4	6	1001	GGGG
5	6	1005	NNNN
6	6	1007	NDGD
7	6	1009	NDGD
8	6	1010	NDNN
9	6	1008	NDNN
10	6	1013	NDNN
11	6	1004	DDDD
12	6	1015	NDNN
13	6	1014	NDNN
14	6	1016	NDNN
15	6	1012	DDDD
16	6	1006	DDDD
17	6	1017	NNNN
18	6	1011	NNNN

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Vistas de cajonera estándar



Fuente: Área de diseño de la empresa en estudio

Anexo 9 Matriz de consistencia

TÍTULO: PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LEAN MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA MOBILIARIA

Problema Principal	Objetivo principal	Hipótesis General	Variables	Indicadores
¿ En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria?	Determinar en qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la productividad de una empresa mobiliaria.	La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la productividad de una empresa mobiliaria.	Variable X: Lean Manufacturing Variable Y: Productividad	$\Delta\%$ Disponibilidad $\Delta\%$ IIP PMO Índice de PMO Lead Time
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Metodología	
PE1. ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria?	OE1. Determinar en qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.	HE1 La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa de manera significativa la eficiencia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.	Tipo de Investigación: Aplicada Alcance: Descriptivo Diseño de Investigación: Diseño no experimental Unidad de análisis: Producto y piezas fabricadas	
PE2. ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing incrementa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria?	OE2.Determinar en qué medida la propuesta de mejora de procesos mediante Lean Manufacturing incrementa la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.	HE2.La propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing aumenta la eficacia del área de carpintería de una empresa mobiliaria.		

Fuente: Elaboración propia